دانشگاه تهران

مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس

دوره: دکتری

رشته : هواشناسی

موسسه ژئوفیزیک

مصوبه جلسه مورخ۱۴۰۲/۲/۱۰ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه

این برنامه بر اساس آیین نامه وزارتی تفویض اختیارات برنامه ریزی درسی به دانشگاههای دارای هیات ممیزه توسط اعضای هیات علمی موسسه ژئوفیزیک بازنگری و در چهار صد و شصتمین جلسه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه مورخ ۱۴۰۲/۲/۱۰ به تصویب رسیده است.

مصوبه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه تهران در خصوص برنامه درسی

رشته: هواشناسی

دوره : دکتری

برنامه درسی دوره دکتری رشته هواشناسی که توسط اعضای هیات علمی موسسه ژئوفیزیک بازنگری شده است با اکثریت آراء به تصویب رسید.

- این برنامه از تاریخ تصویب لازم الاجرا است.
- برنامه درسی بازنگری شده دوره دکتری رشته هواشناسی از تاریخ ۱۴۰۲/۲/۱۰ جایگزین برنامه درسی دوره دکتری رشته هواشناسی مصوب جلسه مورخ ۱۳۹۶/۴/۲۵ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه می‌شود.
- هر نوع تغییر در برنامه مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه برسد.

محمود کمره ای
معاون آموزشی دانشگاه

محمد رضا اسمعیلی گیوی
دبیرشورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه

رای صادره جلسه مورخ ۱۴۰۲/۲/۱۰ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه در مورد بازنگری برنامه درسی دوره دکتری رشته هواشناسی صحیح است، به واحد ذیربط ابلاغ شود.

سید محمد مقیمی
رئیس دانشگاه تهران

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

دانشگاه تهران

برنامه درسی رشته

هواشناسی

METEOROLOGY

دکتری

تهیه‌کنندگان:

دکتر علیرضا محب‌الحجه	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر عباسعلی علی‌اکبری بیدختی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر فرهنگ احمدی گیوی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر مجید مزرعه فراهانی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر فریده حبیبی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر فرحناز تقوی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر سرمد قادر	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر محمد میرزائی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر امید علیزاده چوبری	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر مریم قرایلو	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر سیده‌سمانه ثابت‌قدم	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر محمدجواد کلایی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر علیرضا محمودیان	عضو هیات علمی دانشگاه تهران

جدول تغییرات

ردیف	در برنامه قبلی	در برنامه بازنگری شده
۱.	فرمت دانشگاه	قالب وزارت عتف
۲.	دو درس مبانی هواشناسی میان‌مقیاس و هواشناسی میان‌مقیاس پیشرفته	ادغام در درس هواشناسی میان‌مقیاس
۳.	دو درس هواشناسی آب‌شناسی و هواشناسی آب‌شناسی پیشرفته	ادغام در یک درس هواشناسی آب‌شناسی
۴.		
۵.		
۶.		
۷.		
۸.		
۹.		
۱۰.		
۱۱.		
۱۲.		
۱۳.		
۱۴.		
۱۵.		
۱۶.		
۱۷.		

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

مشخصات کلی برنامه درسی دوره دکتری رشته هواشناسی

PhD Program in Meteorology

الف) مقدمه

تاریخچهٔ علم هواشناسی با مشاهدات و اندازه‌گیری‌های جوّی در قرن نوزدهم آغاز شده و پس از آن از جنبهٔ نظری و عملی تحول بسیار وسیعی یافته است. بسیاری از شاخه های علوم پایه و مهندسی از قبیل فیزیک، شیمی، ریاضی و رایانه، مهندسی الکترونیک و غیره نقش عمده در این پیشرفت داشته و اساس علم چندرشته‌ای و بین‌رشته‌ای هواشناسی را تشکیل می‌دهند. در حال حاضر ماهیت بین‌رشته‌ای علوم جوّی ایجاب می‌کند که دانشجویان بتوانند در زمینه‌های مختلف، دانش لازم را کسب کنند.

هواشناسی شاخه ای از علوم پایه است که نه تنها به دلیل کاربردهای فراوانی که دارد سودمند است، بلکه حقایق بسیاری از جوّ زمین و فضای پیرامون آن را روشن می‌سازد. کمتر زمینه‌ای از فعالیت‌های بشری را می‌توان یافت که متاثر از جوّ زمین نباشد. شناخت کامل پدیده‌های جوّی که از طریق دانش هواشناسی میسر خواهد شد حکایت بر تاثیر مستقیم وضع هوا بر اقلیم، محیط زیست و همهٔ فعالیت‌های عمرانی، توسعه‌ای کشاورزی، صنعتی، آب، حمل‌ونقل، امور دفاعی و غیره دارد. همچنین برای نیل به اهداف زیر، توجه به اجرا و گسترش تحصیلات تکمیلی هواشناسی در مقطع دکتری ضرورت دارد.

- تربیت نیروی انسانی متخصص مورد نیاز مراکز آموزشی، پژوهشی و اجرایی کشور
- رشد و توسعه توان علمی و به‌ویژه پژوهشی کشور
- کمک به حل مسائل علوم جوّی مورد نیاز طرح‌های توسعه و عمران

دوره دکتری به‌صورت یکپارچه و بدون گرایش برنامه‌ریزی شده است ولی در تدوین برنامه‌های دوره، زمینه‌های مختلف هواشناسی عمدتاً دینامیک جوّ، فیزیک و شیمی جوّ، هواشناسی همدیدی، سامانه‌های گردش جوّ، اندازه‌گیری‌های جوّی، اقلیم‌شناسی، هواشناسی آب‌شناسی و برهمکنش هوا–دریا مدنظر قرار گرفته است. برنامه دکتری هواشناسی در موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران از مهرماه سال ۱۳۸۳ تا کنون به‌طور پیوسته ارائه شده است. برنامه دکتری هواشناسی که در اینجا

ارائه می‌شود، حاصل بازنگری برنامه قبلی در سال ۱۳۹۵ بوده که توسط کمیته تخصصی هواشناسی گروه فیزیک فضای مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران به انجام رسیده است.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

طول دوره و شکل نظام

دوره دکتری به دو مرحله مستقل از هم آموزشی و پژوهشی تقسیم می‌شود و با دفاع از رساله پایان می‌پذیرد. مرحله آموزشی دوره از زمان پذیرفته شدن دانشجو در آزمون ورودی آغاز و با برگزاری امتحان جامع و قبولی در آن خاتمه می‌یابد. این مرحله شامل گذراندن ۱۸ واحد درسی است، که متناسب با اولویت‌های آموزشی و پژوهشی کشور، امکانات و توانمندی‌های موجود در واحد اجراکننده برنامه و علائق دانشجو تعیین می‌شود. در هر دوره آموزشی دکتری با تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی تا سقف ۱۲ درس ۳ واحدی (هر نیمسال تا سقف ۶ درس) ارائه خواهد شد که اخذ درس‌ها برای دانشجویان به‌صورت انتخابی است.

مرحله پژوهشی به‌طور رسمی پس از موفقیت دانشجو در آزمون جامع آغاز و با تصویب موضوع رساله، تدوین و دفاع از آن پایان می‌پذیرد. دانشجویان دوره دکتری می‌توانند تحقیقات اولیه مرحله پژوهشی خود را در مرحله آموزشی آغاز نمایند ولی ثبت نام رسمی آنها برای مرحله پژوهشی و تدوین رساله منوط به موفقیت در امتحان جامع است. تعداد واحد های رساله ۱۸ واحد خواهد بود.

امتحان جامع

دانشجویانی که مرحله آموزشی را با میانگین حداقل ۱۶ و آزمون زبان عمومی را با موفقیت به اتمام رسانده باشند، لازم است در امتحان جامع که به صورت کتبی و شفاهی برگزار می‌شود، شرکت کنند. این امتحان زیر نظر کمیته تحصیلات تکمیلی واحد اجراکننده برنامه و طبق آئین‌نامه مصوب دوره دکتری سال ۱۳۹۴ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برگزار خواهد شد. میانگین کل نمرات امتحان جامع نباید کمتر از ۱۶ از ۲۰ و در هر مبحث نباید کمتر از ۱۴ باشد. دانشجویانی که میانگین کل نمرات امتحان جامع آنها کمتر از ۱۶ یا نمره یک مبحث آنها کمتر از ۱۴ باشد، تنها یک بار دیگر می‌توانند در امتحان جامع شرکت نمایند و درصورت عدم قبولی از تحصیل محروم خواهند شد.

انتخاب استاد راهنما

استاد راهنما به تقاضای دانشجو و موافقت کتبی استاد (راهنما)، پس از تصویب در کمیته تحصیلات تکمیلی واحد اجراکننده برنامه، حداکثر تا پایان مرحله آموزشی دوره دکتری، تعیین خواهد شد. به پیشنهاد استاد راهنما و تایید کمیته تحصیلات تکمیلی می‌توان حداکثر دو نفر را به عنوان استادان مشاور تعیین نمود. استادان مشاور از

بین اعضای هیات علمی دارای ضوابط مندرج در آئین نامه مصوب دوره دکتری شورای عالی برنامه ریزی و یا از صاحب نظران و محققان برجسته دارای مدرک دکتری انتخاب خواهند شد.

تعریف رشته

علم مطالعه پدیده‌های جوّی را هواشناسی گویند که نه‌تنها فیزیک، شیمی و دینامیک جوّ را دربرمی‌گیرد بلکه اثرات مستقیم جوّ بر روی سطح زمین، اقیانوس‌ها، یخ‌کُره و محیط زیست به مفهوم کلی را نیز شامل می‌شود.

هدف رشته

دوره دکتری هواشناسی برنامه آموزشی-پژوهشی است که از دروس نظری، کاربردی، آزمایشگاهی و پژوهشی در زمینه‌های مختلف هواشناسی تشکیل شده است. دانش‌آموختگان این دوره خواهند توانست با به‌کارگیری روش‌های پیشرفته پژوهشی و تسلط بر جدیدترین منابع آموزشی دانش هواشناسی در شناخت تنگناها و مشکلات این رشته گام بردارند، با نوآوری خود نیازهای کشور را برطرف سازند و در گسترش مرزهای دانش هواشناسی مؤثر باشند.

اهداف عمده این برنامه به شرح زیر است:

الف - پژوهش در مبانی نظری و کاربردی زمینه‌های مختلف هواشناسی

ب ـ آموزش نیروهای متخصص برای تأمین نیازهای مراکز پژوهشی، آموزشی، خدماتی و عمرانی کشور

پ) ضرورت و اهمیت

با توجه به تنوع اقلیمی کشور، ضرورت استفاده بهینه از منابع طبیعی متاثر از وضع هوا و اقلیم، و گستردگی زمینه‌های مختلف علم هواشناسی و نقش آن در زیست‌کره و بسیاری از فعالیت‌های بشری می‌توان با بهره‌گیری از آموزش‌های نوین هواشناسی و کاربست نتایج پژوهش‌های مرتبط گامی مهم در رفع نیازهای پژوهشی و آموزشی کشور، کمک به حرکت در راستای توسعه هرچه بیشتر اقتصادی کشور و ایفای نقش حیاتی در توسعه پایدار با توجه به مسائل ناشی از تغییر اقلیم برداشت. در این راستا ارائه باکیفیت دوره‌های تحصیلات تکمیلی هواشناسی حائز اهمیت بسیار است.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

با توجه به آئین‌نامه دوره دکتری مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی، برنامه دکتری هواشناسی شامل دو مرحله آموزشی و پژوهشی است که جمع واحدهای این دو مرحله ۳۶ واحد شامل ۱۸ واحد آموزشی به‌صورت شش درس سه‌واحدی و ۱۸ واحد رساله است.

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس تخصصی دکتری	۱۸
رساله	۱۸
جمع دکتری	**۳۶**

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

دانش‌آموختگان دوره دکتری هواشناسی می‌توانند به انجام امور زیر بپردازند:

- تدریس دروس هواشناسی در مقاطع تحصیلات تکمیلی
- انجام پژوهش‌های هواشناسی و تهیه و تدوین و ارائه مقالات علمی در هر دو سطح ملی و بین‌المللی
- گذراندن دوره‌های پسادکتری
- اجرای مدل‌های مختلف پیش‌بینی عددی وضع هوا، مدل‌های گردش کلی جوّ، مدل‌های شیمی جوّ و آلودگی هوا و توان فعالیت در ساخت و توسعه مدل‌های مرتبط
- سرپرستی، نظارت و مشارکت در برنامه‌ریزی گروه‌های آموزشی، پژوهشی، عملیاتی هواشناسی و اقلیم‌شناسی

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
اجرای مدل‌های مختلف پیش‌بینی عددی وضع هوا و گردش کلی جوّ	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته، آزمایشگاه مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته، تحلیل عینی و گوارد داده‌ها
توان فعالیت در ساخت و توسعه مدل‌های عددی مرتبط	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته، آزمایشگاه مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته، تحلیل عینی و گوارد داده‌ها
پیش‌بینی وضع هوا و اقلیم	مباحثی در اقلیم‌شناسی پیشرفته، تغییر اقلیم

فعالیت در زمینه پیش‌بینی آلودگی هوا در مقیاس‌های مختلف	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته، آزمایشگاه مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته، شیمی جوّ، هواشناسی آلودگی هوا
تحلیل و تفسیر محصولات ماهواره‌ها و رادارهای هواشناسی	هواشناسی ماهواره‌ای، هواشناسی راداری
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
تدریس یا همکاری در تدریس دروس هواشناسی	کلیه دروس
انجام پژوهش‌های هواشناسی و تهیه و تدوین و ارائه مقالات علمی	کلیه دروس، رساله
همکاری با دستگاه‌های اجرایی در وظایف مرتبط	کلیه دروس

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

مطابق با ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شرایط عمومی ورود دانشجویان مطابق آئین‌نامه دوره دکتری مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی می‌باشد. این دوره مناسب برای دانشجویان با زمینه قوی در علوم فیزیکی است. داوطلبان باید دارای یکی از مدارک کارشناسی ارشد معتبر و مورد تأیید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در هر گرایشی از هواشناسی یا علوم پایه و مهندسی باشند.

تبصره: برای دوره دکتری ۶ واحد درس کمبود از میان دروس اصلی کارشناسی ارشد هواشناسی در نظر گرفته شده است که بنابر نظر گروه، دانشجو ملزم به گذراندن یک یا دو درس کمبود خواهد بود.

فصل دوم

جداول دروس

جدول (۱)- دروس جبرانی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	فیزیک جوّ	۳	■			۴۸			
۲.	دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	۳	■			۴۸			
۳.	جمع کل	۶				۹۶			

نکته: ساعت آموزش برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت، عملی ۳۲ ساعت، کارگاهی ۴۸ ساعت و کار آموزشی (کارورزی) ۶۴ ساعت است. دانشجویان دوره دکتری با نظر شورای تحصیلات تکمیلی گروه ملزم به گذراندن حداکثر ۶ واحد دروس جبرانی هستند.

جدول (۲)- دروس تخصصی - اختیاری

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	هواشناسی میان‌مقیاس	۳	■			۴۸			
۲.	مباحثی در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	۳	■			۴۸			
۳.	مباحثی در دینامیک جوّ پیشرفته	۳	■			۴۸			
۴.	لایه مرزی جو	۳	■			۴۸			
۵.	مباحثی در اقلیم‌شناسی فیزیکی	۳	■			۴۸			
۶.	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته	۳	■			۴۸			
۷.	آزمایشگاه مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته	۳			■	۳۲	۳۲		
۸.	تلاطم در جوّ و اقیانوس	۳	■						
۹.	فیزیک ابر	۳	■			۴۸			
۱۰.	تحلیل عینی و گوارد داده‌ها	۳	■			۴۸			
۱۱.	امواج و ناپایداری	۳	■			۴۸			
۱۲.	هواشناسی آلودگی هوا	۳	■			۴۸			
۱۳.	شیمی جوّ	۳	■			۴۸			
۱۴.	تابش جوّی	۳	■			۴۸			
۱۵.	خردفیزیک ابر و تعدیل وضع هوا	۳	■			۴۸			

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱۶.	هواویزهای جوّی	۳	■			۴۸			
۱۷.	گردش کلی جوّ	۳	■			۴۸			
۱۸.	هواشناسی ماهواره‌ای	۳	■			۴۸			
۱۹.	هواشناسی راداری	۳				۴۸			
۲۰.	نظریه وارون در فیزیک جوّ-اقیانوس	۳				۴۸			
۲۱.	هواشناسی آبشناسی	۳				۴۸			
۲۲.	تغییر اقلیم	۳				۴۸			
۲۳.	مباحثی در اقیانوس‌شناسی فیزیکی	۳				۴۸			
۲۴.	همرفت جوّی	۳				۴۸			
۲۵.	فیزیک جوّ بالا و ارتباط خورشید—زمین	۳				۴۸			

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	هواشناسی میان‌مقیاس		
عنوان درس به انگلیسی:	Mesoscale Meteorology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی با سازوکار پدیده‌های هواشناختی تاثیرگذار در وضعیت جوی در مقیاس میانه

اهداف ویژه:

آشنایی مقدماتی با پدیده‌های میان‌مقیاس، اهمیت هواشناسی میان‌مقیاس، ابعاد فیزیکی (زمانی- مکانی) پدیده‌های میان‌مقیاس، سازوکارهای فیزیکی ودینامیکی پیش- حین – پس از وقوع پدیده‌های میان‌مقیاس، بررسی و معرفی دست آوردهای به‌روز در زمینه هواشناسی میان‌مقیاس و مسائل باز برای پژوهش در حوزه میان‌مقیاس

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تعریف هواشناسی میان‌مقیاس، تعریف مقیاس، تعریف تجربی مقیاس، تعریف مقیاس بر پایه کاربردهای عملی، شواهد نظری و مشاهداتی پدیده‌های میان‌مقیاس در جوّ، دیدگاه دینامیکی مقیاس، طیف انرژی و مقیاس، تبادل انرژی در مقیاس‌های مختلف، تفکیک مقیاس‌ها بر اساس ابعاد زمانی-مکانی پدیده‌ها، تحلیل ابعادی، معرفی برخی پدیده‌های میان‌مقیاس، بر همکنش مقیاس‌ها

۲. معادلات پایه: اصول پایستاری کمیت‌های هواشناختی، مجموعه معادله‌های حاصل از کاربست اصول پایستاری، ساده‌سازی معادلات، میانگین گیری معادلات، جریانات چرخشی، مجموعه معادله‌های دینامیکی هواشناسی میان‌مقیاس

۳. ناپایداری‌ها: ناپایداری ترمودینامیکی، ناپایداری کلوین-هلمهولتز، ناپایداری دینامیکی، ناپایداری مرکزگریز، ناپایداری لختی، ناپایداری متقارن، ناپایداری متقارن خشک و تر، ناپایداری متقارن غیرخطی، ناپایداری چینشی

۴. امواج جوّی: امواج خطی و غیرخطی، امواج همدیدی، امواج میان‌مقیاس، امواج گرانی، موج گرانی درونی، امواج گرانی–لختی، موج گرانی رونده، موج گرانی غیرخطی، امواج کوهستان، بازتاب امواج، تراز بحرانی، پدیده‌های هواشناختی ناشی از امواج گرانی

۵. لایه مرزی جوّ: تعریف لایه مرزی، جریانات تلاطمی، ساختار تحول زمانی لایه مرزی، نقش پوشش سطحی در تحول لایه مرزی، لایه مرزی شهری، جت شبانه

۶. جبهه‌ها: مرز بین توده‌هواهای متفاوت در مقیاس همدیدی، جبهه، انواع جبهه، گستره فضایی جبهه‌ها، خط خشک، مرزهای برون‌شارش، مرز توده‌هواهای مختلف ناشی از گرمایش سطحی

۷. گردش‌های میان‌مقیاس: گردش‌های گرمایی، گردش دریا-ساحل، گردش‌های کوه-دشت، خط خشک، گردش‌های کوهستانی، دینامیک و فیزیک باد فراشیب، دینامیک و فیزیک بارش فراشیب

۸. همرفت: آغازگری همرفت، نقش جریانات بزرگ‌مقیاس در ایجاد همرفت، همگرایی شار رطوبت سطحی، همرفت واداشته، سامانه‌های همرفتی تک‌یاخته‌ای و چندیاخته‌ای، خط تندوزه

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس مجهز، رایانه

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Markowski, P., and Y. Richardson, 2010: Mesoscale Meteorology in Mid-latitudes. John Wiley & Sons, 430 pp.
2. Lin, Y-L., 2007: Mesoscale Dynamics. Cambridge University Press, 630 pp.
3. Ray, P. S., 1986: Mesoscale Meteorology and Forecasting. American Meteorological Society, 793 pp.
4. Atkinson, B. W., 1981: Meso-Scale Atmospheric Circulations. Academic Press, 495 pp.
5. Pielke, R. A., 2001: Mesoscale Meteorological Modeling. Academic Press, 676 pp.
6. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press, 532 pp.
7. Fedorovich, E., R. Rotumno, and B. Stevens (Eds.), 2004: Atmospheric Turbulence and Mesoscale Meteorology. Cambridge University Press, 279 pp.

عنوان درس به فارسی:	مباحثی در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی		
عنوان درس به انگلیسی:	Topics in Geophysical Fluid Dynamics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

ضمن اشاره به اهمیت دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی، آشنایی با ویژگی‌های دینامیکی حرکات بزرگ‌مقیاس جوّ و اقیانوس، نظریه آب کم‌عمق، حرکات تلاطمی شبه‌دوبعدی

اهداف ویژه:

ارائه مباحثی در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی، ناپایداری‌ها، تلاطم شبه‌زمینگرد و انرژتیک حرکات بزرگ‌مقیاس، اثرات تغییرات اقلیمی بر دینامیک حرکات بزرگ‌مقیاس

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. دینامیک تاوه‌های ژئوفیزیکی (بزرگ‌مقیاس): چرخش و چینش، تاوایی و گردش، قضیهٔ کلوین، معادلهٔ تاوایی، تاوایی پتانسیل راسبی- ارتل، توازن و وارونی تاوایی پتانسیلی، هلیسیتی

۲. نظریهٔ آب کم‌عمق ناوشکسان: مدل آب کم‌عمق، پایستاری تاوایی پتانسیلی، قیدهای انتگرالی، حرکت‌های کم‌دامنه، امواج خطی در مدل آب کم‌عمق، امواج گرانی، گرانی- لختی، کلوین، لختی خالص و راسبی؛ تنظیم زمینگرد، مدل‌های متوازن، مدل شبه‌زمینگرد و مباحث انتخابی از جوّاب‌های شبه‌زمینگرد پایا، مدل نیمه‌زمینگرد، تصحیحات مرتبهٔ بالاتر بر مدل شبه‌زمینگرد، بسط‌های مجانبی- پیراسته، تجزیهٔ موج- تاوه، انرژی و شار انرژی در امواج راسبی، انرژی و انستروفی پتانسیلی در مدل آب کم‌عمق بسیط، انرژی و انستروفی در مدل آب کم‌عمق شبه‌زمینگرد

۳. مدل شبه‌زمینگرد برای شارهٔ چینه‌بندی‌شده: به‌دست آوردن منظم معادلات شبه‌زمینگرد، معادلهٔ تاوایی پتانسیلی شبه‌زمینگرد، امواج راسبی بزرگ‌مقیاس در حضور چینش چگالی، مدهای بهنجار راسبی شامل معادلهٔ ساختار قائم، مدل‌های لایه‌ای، مدل دولایه‌ای، رابطهٔ مدله‌ای لایه‌ای و مدل‌های ترازی

۴. امواج گرانی درونی: نظریهٔ امواج درونی، ساختار امواج درونی، امواج کوهستان، انرژی امواج درونی، شکست امواج درونی، انتشار و انرژتیک امواج درونی در شاره‌های ژئوفیزیکی

۵. تلاطم در شاره های ژئوفیزیکی: تعریف تلاطم، نظریهٔ کلموگروف، تلاطم سه و دوبعدی، انتقال انرژی در تلاطم دو و سه بعدی، تلاطم زمینگرد، برخی مفاهیم از مکانیک آماری، نظریه های بستار، انتشار امواج راسبی و تلاطم، شارش زمینگرد بر روی ناهمواری، شارش بر روی صفحهٔ β، شارش شبه‌زمینگرد چینه‌بندی‌شده، تلاطم دولایه‌ای

۶. مباحث انتخابی در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی: انتشار انرژی با امواج بزرگ مقیاس، پارامترسازی اثرات موجی و تلاطمی و چالش‌های همانندسازی عددی حرکات بزرگ‌مقیاس جوّی و اقیانوسی، گردش‌های بزرگ‌مقیاس جوّی و اقیانوسی، تغییرات اقلیمی روی دینامیک گردش‌های مناطق حاره و عرض‌های میانی، مدل‌های جفت شده جوّ و اقیانوس، مسائل برهمکنش جوّ و اقیانوس در شرایط حدی مثل توفان‌های حاره‌ای

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. Springer-Verlag, 710 pp.
2. Vallis, J. K., 2017: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics — Fundamentals and Large-scale Circulation. 2nd Ed., Cambridge University Press, 946 pp.
3. Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press. 378 pp.
4. Gill, A. E., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
5. Thorpe, S. K., 2008: Turbulence in the ocean, Cambridge University Press. 439 pp.
6. Roberts, J., 1975: Internal Gravity Waves in the Ocean. Marine Science Series, 272 pp.
7. Xiao, Z., M. Wan, S. Chen, and G. L. Eyink, 2009: Physical mechanism of the inverse energy cascade of two-dimensional turbulence: a numerical investigation, J. Fluid Mech. 619, 1–44, https://doi.org/10.1017/S0022112008004266.
8. Rhines, P. B., 1979: Geostrophic Turbulence. Ann. Rev. FLuid Mech., 11, pp. 401–441.

عنوان درس به فارسی:	مباحثی در دینامیک جوّ پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Topics in Advanced Atmospheric Dynamics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با برخی از زمینه‌های اصلی پژوهش در دینامیک بزرگ‌مقیاس جوّ

اهداف ویژه:

آشنایی با مبانی نظری و کاربردهای نظریه موج- شارش میانگین در تحلیل فرایندهای جوّی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. برهمکنش امواج و شارش میانگین: معادلات در میانگین اویلری، آشفتگی‌های خطی‌شده بر روی شارش‌های میانگین‌گیری شده در راستای مداری، معادلات تبدیل‌یافته میانگین اویلری، قضیه الیاسن- پالم، قضیه الیاسن- پالم تعمیم‌یافته و قضیه بدون شتاب چارنی- دریزین، معادلات میانگین مداری در مختصات همدمای پتانسیلی، اثر پیچک‌ها بر شارش میانگین در مسئله ایدی، شرایط لازم برای ناپایداری از دیدگاه شبه‌تکانه و شبه‌انرژی

۲. گردش در عرض‌های میانی: نگهداشت جت فشارورد، مدل‌های لایه‌ای گردش، شارهای پیچکی و مثالی از یک مدل بسته، مدل دارای چینه‌بندی پیوسته و جوّ واقعی، وردایست و چینه‌بندی جوّ، پیچک‌های کژفشار و ترابُرد تاوایی پتانسیلی

۳. امواج سیاره‌ای و دینامیک پوشن‌سپهر: دسته‌بندی انواع امواج، امواج راسبی واداشته و ایستا، نظریه ردیابی پرتو و کنش موج در محیطی با تغییرات آرام، انتشار و پاشش نصف‌النهاری، اثرات واداشت گرمایی، لایه بحرانی امواج سیاره‌ای، دینامیک پوشن‌سپهر، گردش واژگونی نصف‌النهاری و کنترل پایین‌سو، تاوه قطبی و گردش شبه‌افقی

۴. مباحث انتخابی: ناپایداری کژفشار و ساختار فضایی- زمانی سامانه‌های همدیدی، گرمایش ناگهانی پوشن‌سپهر، گردش میانگین مداری برون‌حاره‌ای، گردش‌های استوایی شامل نظریه نوسان شبه‌دوسالانه و ناپایداری لختی، ترابرد ردیابه در جوّ میانی، لایه ازون، امواج استوایی، مدل‌سازی گردش کلی، برهمکنش جوّ میانی و جوّ زیرین، دینامیک هامیلتونی، توازن و وارون‌سازی تاوایی پتانسیلی، برهمکنش امواج گرانی و تاوه‌ها

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Vallis, G. K., 2017: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics — Fundamentals and Large-scale Circulation. 2nd Ed., Cambridge University Press, 946 pp.
2. Hoskins, B. J., and I. N. James, 2014: Fluid Dynamics of the Midlatitude Atmosphere. Wiley Blackwell, 408 pp.
3. Mak, M., 2011: Atmospheric Dynamics. Cambridge University Press, 500 pp.
4. Andrews, D. G., J. Holton, and C. Leovy, 1987: Middle Atmosphere Dynamics. Academic Press, San Diego, 489 pp.
5. Pierrehumbert, R. T., and K. L. Swanson, 1995: Baroclinic instability. Annu. Rev. Fluid Mech., 27, pp. 419–467.
6. McIntyre, M. E., 2000: On global–scale atmospheric circulations. In Perspectives in Fluid Dynamics. A Collective Introduction to Current Research. Batchelor, G. K., H. K. Moffatt, and M. G. Worster (eds.), Cambridge University Press, 646 pp.
7. McWilliams, J. C., 2006: Fundamentals of Geophysical Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 266 pp.
8. Gill, A., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
9. Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. Springer–Verlag New York, 624 pp.
10. Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press, 392 pp.

عنوان درس به فارسی:	**لایه مرزی جو**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Atmospheric Boundary Layer**	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** ☐	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** ■	**عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**	**رساله / پایان‌نامه** ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با ساختار و مبانی نظری لایه مرزی شامل مبانی نظری تلاطم‌سه‌بعدی، معادلات آنی و میانگین‌گیری شده، مسئله بستار تلاطمی قوانین همانندی لایه مرزی، بودجه انرژی سطح و زیر سطح

اهداف ویژه:

آشنایی با نقش عوامل مختلف در تغییرات و شرایط پایداری در لایه مرزی جوّ، آشنایی با الگوی لایه‌های مرزی خنثی، ناپایدار، پایدار و ناهمگن همچون لایه مرزی جوّ شهری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری بر مبانی لایه مرزی جوّ: معرفی لایه مرزی، تغییرات مکانی و تغییرات زمانی لایه مرزی، مشخصات میانگین پارامترهای لایه مرزی، فرآیندهای موجوّد در لایه مرزی شامل جت شبانه، امواج گرانی، درون آمیختگی؛ اهمیت لایه مرزی

۲. برخی خواص آماری تلاطم در لایه مرزی: اهمیت تلاطم، انرژی جنبشی تلاطمی، شارش‌های پیچکی، خودهم بستگی، تابع ساختار، طیف انرژی تلاطم، نحوهٔ ایجاد تلاطم در لایه مرزی

۳. معادلات اساسی تلاطم در لایه مرزی و همانندی: معادلات پایه، معادلات میانگین تلاطم، معادلات پیش‌یابی برای انحراف معیار، شارش‌های تلاطمی؛ معادله انرژی تلاطمی، عدد ریچاردسون شاری، مسئله بستار تلاطم، شیوهای بدون بعد، فرضیه همانندی و رابطه همانندی مونین-اباخوف، همانندی عدد راسبی، همانندی طیفی

۴. شرایط مرزی در سطح زمین، شارهای سطحی، بودجه انرژی سطح، بودجه تابشی سطح، ناهمواری سطح و ضریب پسار، شار گرمای زمین، فرآیندهای انتقال سطحی، قوانین انتقال در سطوح جوّ- دریا و جوّ- خشکی، شارهای تکانه، گرما و رطوبت در مرز هوا- دریا؛ تنش دریا در سطح آب دریا، فرآیند انتقال تکانه و ایجاد امواج سطحی، برهمکنش هوا-دریا در مناطق جبهه‌ای، ناهمواری سطح دریا، پارامترسازی شارهای تلاطمی

۵. لایه مرزی آمیخته جوّ و اقیانوس: لایه همرفتی آمیخته جوّ، معادلات لایه مرزی همرفتی، مدل‌های تخمینی رشد عمق لایه مرزی همرفتی، مدل‌های تخمین رشد عمق لایه آمیخته، لایه آمیخته جوّ روی دریا، لایه آمیخته اقیانوس، معادلات حرکت در لایه آمیخته اقیانوس، تغییرات لایه آمیخته اقیانوس در اثر توفان

۶. لایه مرزی پایدار: مشخصات میانگین، فرآیندهای تلاطمی در لایه مرزی جوّ پایدار، عدد ریچارد سون، جت شبانه در لایه مرزی پایدار، بادهای دره ای، بادهای کوهستانی، حرکت باد روی کوه، عدد فرود

۷. لایه مرزی جوّ شهری: اهمیت لایه مرزی جوّ شهری، نوع تلاطم و پخش در لایه مرزی جوّ شهری، توزیع سرعت باد، دما و آلودگی در لایه مرزی جوّ شهری، مقیاس‌های مهم در لایه کانوپی شهری شامل زیرلایه‌های ناهموار و لختی، همانندی کمیت‌های میانگین و تلاطمی در لایه مرزی جوّ شهری

۸ مباحث انتخابی: مدل‌های بستار تلاطم با مرتبه دو و بالاتر، بستار محلی و غیرمحلی، فرضیه تبادل، پارامترسازی عددی لایه مرزی، اقلیم لایه مرزی، انتقال انرژی باد به امواج سطحی، شکست امواج سطحی، ساختار تلاطم نزدیک مرز جوّ- اقیانوس

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Garratt, C., 1992: Atmospheric Boundary Layer. Cambridge University Press, 430 pp.
2. Stull, R. B., 1988: An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Publishers, 666 pp.
3. Baklanov, A., and B. Grisogono, 2007: Atmospheric Boundary Layer: Nature, Theory and Applications to Environment Modelling and Security. Springer, 242 pp.
4. Arya, P., 2001, Micrometeorology, 2nd ed. Academic Press, 420 pp.
5. Wyngaard, J. C., 2010, Turbulence in the Atmosphere, Cambridge University Press, 407 pp.
6. Bidokhti, A. A., 2018, Fundamentals of Fluid Dynamics. 2nd. Ed., University of Tehran Press.
7. Blackadar, A. K., 1998: Turbulence and Diffusion in the Atmosphere. Springer–Verlay, 185 pp.
8. Kantha, L. H. and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic Press, 884 pp.
9. Hsu, S. A., 1988: Coastal Meteorology. Academic Press, 263 pp.
10. Casandy, G. T., 2001: Air–Sea Interaction. Cambridge University Press, 284 pp.
11. Moeng, C.-H., and P. P. Sullivan, 1994: A comparison of shear- and buoyancy-driven planetary boundary layer flows. J. Atmos. Sci., 51, 999–1022.
12. Shin, H. H., and J. Dudhia, 2016: Evaluation of PBL parameterizations in WRF at subkilometer grid spacings: Turbulence statistics in the dry convective boundary layer. Mon. Wea. Rev., DOI: http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-15-0208.1.
13. Cohen, A. E, Cavallo, S. M., Coniglio, M. C., and Brooks, H. E., 2015: A review of planetary boundary layer parameterization schemes and their sensitivity in simulating southeastern U.S. cold season severe weather environments. Weather and Forecasting, 30, 591–612.
14. Pegahfar, N., Bidokhti, A. A., 2013: Similarity relations in a stable and relatively neutral surface layer in an urban area with complex topography (Tehran). Environ. Fluid Mech., 13, 1–31, https://doi.org/10.1007/s10652-012-9257-0.
15. Nazarian, N., Krayenhoff, E. S., and Martilli, A., 2020: A one-dimensional model of turbulent flow through “urban” canopies (MLUCM v2.0): updates based on large-eddy simulation, Geosci. Model Dev., 13, 937–953, https://doi.org/10.5194/gmd-13-937.
16. Akramimoghadam, N., Bidokhti, A. A., and Irannjad, P., 2013, A radiative-advective model for estimation of nocturnal cooling in a basin surrounded by topography (Rafsanjan basin). J. Earth and Space Phys., 39, 2, 111–126, 10.22059/JESPHYS.2013.35192.

عنوان درس به فارسی:	مباحثی در اقلیم‌شناسی فیزیکی		نوع درس و واحد
عنوان درس به انگلیسی:	Topics in Physical Climatology		پایه ☐ نظری ■
دروس پیش‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
دروس هم‌نیاز:			اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۴۸		

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی با عوامل اصلی تغییرپذیری و تغییر اقلیم در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف

اهداف ویژه:

تاثیر تغییرپذیری و تغییر اقلیم بر دینامیک جوّ

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. فرآیندهای تبادل بین سطح زمین و جوّ: ترازینه انرژی سطح، توسعه لایه مرزی سیاره‌ای، تبادل تکانه، انتقال انرژی مکانیکی به اقیانوس‌ها، تبادل گرمای محسوس، تبادل بخار آب، تبخیر، شکل‌گیری هواویزهای جوّی و تاثیر آنها بر تابش و خردفیزیک ابر
۲. تکانه زاویه‌ای در سامانه اقلیم: معادلات ترازینه تکانه زاویه‌ای، تکانه زاویه‌ای در سامانه اقلیم، تکانه زاویه‌ای در جوّ، چرخه تکانه زاویه‌ای مشاهداتی
۳. انرژی و آنتروپی در سامانه اقلیم: صورت‌های اساسی انرژی، معادلات ترازینه انرژی و آنتروپی، ترازینه انرژی و آنتروپی مشاهداتی، انرژی در مناطق قطبی، انرژی پتانسیل دسترس‌پذیر جوّ و اقیانوس، معادله‌های ترازینه انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل دسترس‌پذیر، چرخه انرژی مشاهداتی جوّ، نگهداشت و واداشت حالت میانگین مداری جوّ، چرخه انرژی مشاهداتی اقیانوس، ترازینه آنتروپی جهانی، ترازینه آنتروپی منطقه‌ای
۴. تغییرپذیری بین‌سالانه و بین‌دهه‌ای سامانه اقلیم: ال‌نینو-نوسان جنوبی و انواع آن، نوسان‌های بین‌دهه‌ای
۵. تغییر اقلیم و اثرات آنها: عوامل طبیعی و انسانی تغییر اقلیم، گرمایش زمین، گرمایش سریع شمالگان، کاهش ازون پوشن‌سپهری و اثرات آن، برخی اثرات تغییر اقلیم
۶. مدل‌سازی اقلیم : ساختار فیزیکی و ریاضی مدل‌های اقلیمی، طبقه‌بندی مدل‌های اقلیمی، مدل‌های گردش کلی جوّ و اقیانوس، مدل‌های جفت‌شدهٔ جوّ و اقیانوس، مدل‌های آماری، مدل‌های دینامیکی-آماری، کاربست مدل‌ها

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۲۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Peixoto, J. P. and H. Oort, 1992: Physics of Climate. American Institute of Physics, 520 pp.
2. Neelin, J. D., 2011: Climate Change and Climate Modeling. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 282 pp.
3. Burroughs, W. J., 2007: Climate Change: A Multidisciplinary Approach, 2nd edition. 392 pp.
4. Wallace J. M. and P. V. Hobbs, 2006: Atmospheric Science: An Introductory Survey. 2nd edition, Chapter 10.
5. Trenberth, K. E. (ed.), 1992: Climate System Modelling. Cambridge University Press, 817 pp.
6. Hartmann, D. L., 1994: Global Physical Climatology. Academic Press, 408 pp.
7. Peng, G., L. M. Leslie, and Y. Shao (eds.), 2002: Environmental Modelling and Prediction. Springer, 480 pp.
8. McGuffie, K. and A. Henderson-Sellers, 2004: Climate Modelling Primer. 3rd Ed., Wiley, 296 pp.
9. Jacob, D. J., 1999: An Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press, 274 pp.
10. Trenberth, K. E. (ed.), 1992: Climate System Modelling. Cambridge University Press, 817 pp.
11. Gettelman, A., and R. B. Rood, 2016: Simulating Terrestrial Systems. Demystifying Climate Models. Earth Systems Data and Models. Springer, Berlin, Heidelberg.
12. Wilks, D. S., 1995: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Academic Press, 467 pp.
13. von Storch, H. and F. W. Zwiers, 1999, Statistical Analysis in Climate Research. Cambridge University Press, 484 pp.
14. Farmer, J. T. and J. Cook, 2013: Climate Change Science: A Modern Synthesis, Chapter 1.
15. Cohen et al., 2014: Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather. Nature Geoscience, 7, 627–637.

عنوان درس به فارسی:	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Numerical Modeling of the Atmosphere and Oceans		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با برخی از مباحث اصلی پژوهش در مدل‌سازی عددی

اهداف ویژه:

آشنایی با مباحث پیشرفته مرتبط با روش‌های عددی مورد استفاده در مدل‌سازی‌های جوّی و اقیانوسی و همچنین آشنایی با پاره‌ای از مباحث مهم مرتبط با فنون عددی مورد استفاده در مدل‌های جهانی و منطقه محدود مورد استفاده در پیش‌بینی‌های عددی وضع هوا

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. روش‌های بسط به سری: روش‌های کمینه‌سازی مانده، روش طیفی، روش شبه‌طیفی، هماهنگ‌های کروی، روش عنصر متناهی
۲. روش‌های نیمه‌لاگرانژی: معادله فرارفت نرده‌ای، واداشت در چارچوب لاگرانژی، کاربست روش‌های نیمه‌لاگرانژی به دستگاه‌های معادلات، روش‌های مختلف محاسبه مسیر، مقایسه روش‌های اویلری و لاگرانژی
۳. حل عددی معادلات متوازن: مدل فشارورد، مدل‌های کژفشار شبه‌زمینگرد، مدل زمینگرد سیاره‌ای، مدل متوازن بولین- چارنی، مدل‌های متوازن از مرتبه بالاتر، شرایط مرزی
۴. امواج گرانی- لختی و آکوستیک در مدل‌های عددی: روش تصویر، روش نیمه‌ضمنی، روش‌های گام کسری، خلاصه‌ای از طرحواره‌های حل معادلات ناآب‌ایستایی، تقریب آب‌ایستایی، مدل‌های معادلات بسیط
۵. شرایط مرزی نابازتابی: شارش یک‌بُعدی، شارش دوبُعدی آب کم‌عمق، شارش دوبعدی چینه‌بندی شده، لایه‌های جذب‌کننده موج
۶. بررسی یکی از مدل‌های عملیاتی یا پژوهشی رایج: فرمولبندی، الگوریتم عددی، شرایط مرزی، آغازگری، فرایندهای فیزیکی و پارامترسازی آنها

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
- تمرین
- پروژه درسی
- آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Durran, D. R., 2010: Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer–Verlag, 516 pp.
2. Durran, D. R., 1999: Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer–Verlag, 465 pp.
3. Coiffier J., 2012: Fundamentals of Numerical Weather Prediction. Cambridge University Press, 340 pp.
4. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley & Sons, 477 pp.
5. Strikwerda, J. C., 1989: Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations. Wadsworth & Brooks/ Cole Advanced Books & Software, 389 pp.
6. Iserles, A., 1996: A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations. Cambridg University Press, 378 pp.
7. Krishnamurti, T. N., H. S. Bedi, V. M. Hardiker and L. Ramaswamy, 2006: An Introduction to Global Spectral Modeling. Springer, 317 pp.
8. Ehrendorfer M., 2012: Spectral Numerical Weather Prediction Models. SIAM, 482 pp.
9. Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes. Academic Press, 940 pp.

عنوان درس به فارسی:	آزمایشگاه مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Laboratory for Advanced Numerical Modeling of the Atmosphere and Oceans		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۶۴		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:.....

هدف کلی:

آشنایی کاربردی با برخی از مباحث اصلی پژوهش در مدل‌سازی عددی

اهداف ویژه:

آشنایی کاربردی با مباحث پیشرفته مرتبط با روش‌های عددی مورد استفاده در مدل‌سازی‌های جوّی و اقیانوسی و همچنین آشنایی با پاره‌ای از مباحث مهم مرتبط با فنون عددی مورد استفاده در مدل‌های جهانی و منطقه محدود مورد استفاده در پیش‌بینی‌های عددی وضع هوا

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معادله فرارفت-پخش در دو و سه بعد فضایی: آزمایش‌هایی بر روی معادله فرارفت غیرفعال یک کمیت نرده‌ای با الگوریتم‌های: پادجریان‌سوی دوبعدی (corner transport upstream CTU)، لکس- وندروف، شکافنده (splitting)
۲. روش‌های طیفی: حل عددی معادله تاوایی فشارورد ناواگرا در یک حوزه مربعی دوره‌ای با روش طیفی
۳. روش‌های نیمه‌لاگرانژی: حل عددی معادله فرارفت در دو بعد به روش‌های نیمه‌لاگرانژی با فنون مختلف (برای محاسبه مسیر و برای درونیابی)
۴. دستگاه معادلات متوازن: حل عددی معادلات شبه‌زمینگرد، حل عددی مدل‌های متوازن از مرتبه بالاتر مانند مدل بولین-چارنی
۵. دستگاه معادلات بسیط: حل عددی معادلات بسیط فشارورد یا آب کم‌عمق برای صفحه برروی شبکه‌های مختلف آراکاوا، کاربست الگوریتم نیمه‌ضمنی، حل عددی معادلات بسیط کژفشار برروی صفحه، دستگاه معادلات آب‌ایستایی (هیدرواستاتیک) و ناآب‌ایستایی در صفحه قائم
۶. مدل‌های عملیاتی – پژوهشی: آشنایی باکارکرد، جزئیات عددی و ارزیابی نتایج یکی ازمدل‌های عملیاتی- پژوهشی رایج مثل WRF، ETA، ARPS، MM5

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
- تمرین
- پروژه درسی
- آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Durran, D. R., 2010: Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer–Verlag, 516 pp.
2. Coiffier, J., 2012: Fundamentals of Numerical Weather Prediction. Cambridge University Press, 340 pp.
3. Krishnamurti, T. N., H. S. Bedi, V. M. Hardiker, and L. Ramaswamy, 2006: An Introduction to Global Spectral Modeling, Springer, 317 pp.
4. Ehrendorfer, M., 2012: Spectral Numerical Weather Prediction Models. SIAM, 482 pp.
5. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley & Sons, 477 pp.
6. Durran, D. R., 1998: Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer - Verlag New York Inc., 465 pp.
7. Pielke, R. A. ,2001: Mesoscale Meteorological Modeling. 2nd Ed., Academic Press, 612 pp.
8. Users Guide to the Weather Research and Forecasting (WRF) Model, http://www.wrf-model.org/index.php
9. Advanced Regional Prediction System (ARPS) Version 4.0 Users' Guide. www. caps. ou. edu/ARPS.
10. Users Guide to the Penn State/NCAR Mesoscale Modeling System version 5, MM5. www.mmm.ucar.edu/MM5
11. The Unified Forecast System (UFS), a community-based, coupled, comprehensive Earth modeling system, https://ufscommunity.org/

عنوان درس به فارسی:	تلاطم در جوّ و اقیانوس		
عنوان درس به انگلیسی:	Turbulence in Atmosphere and Ocean	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با عوامل ایجاد ناپایداری در جوّ و اقیانوس، علل ایجاد تلاطم دو و سه‌بعدی

اهداف ویژه:

آشنایی با مبانی نظری تلاطم‌سه‌بعدی، معادلات آنی و میانگین‌گیری شده، مسئله بستار تلاطمی و قوانین همانندی لایه‌های مرزی تلاطمی در جوّ و اقیانوس، توزیع قائم خواص تلاطم و آمیختگی تلاطمی در جوّ و اقیانوس

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. منشا و مشخصات تلاطم: چگونگی ایجاد تلاطم، خواص تلاطم، مشخصه‌های آماری تلاطم، اهمیت مقیاس‌های تلاطم (نظریه کلموگروف)، طیف انرژی تلاطم، لایه مرزی تلاطمی

۲. معادلات تلاطم با اثر چینه‌بندی چگالی: میانگین‌گیری رینولدز و مسئله بستار تلاطم، معادله انرژی جنبشی تلاطمی، معادله‌های تلاطم با اثر چینه‌بندی چگالی، عدد ریچاردسون شاری، مسئله بشتار تلاطم، معادلات شارهای تلاطمی، نظریه‌های نیمه‌تجربی تلاطم

۳. سازوکارهای ایجاد تلاطم در جوّ: ناپایداری‌های برشی در لایه سطحی جوّ برای شرایط خنثی و پایدار، همرفت تلاطمی در لایه مرزی (لایه آمیخته)، تلاطم در مجاورت توفان‌های همرفتی، ناپایداری برشی در جوّ آزاد (تلاطم هوای صاف)

۴. سازوکارهای ایجاد تلاطم در اقیانوس: ناپایداری‌های جریان‌های برشی بدون و با اثر چینه‌بندی چگالی، شکست امواج سطحی (در سطح لایه آمیخته اقیانوس)، ناپایداری‌های محلی در لایه‌های برشی مدهای امواج درونی، همرفت در مناطق با گرادیان ناپایدار چگالی، ناپایداری در لایه‌های کف اقیانوس، پلوم‌های زیردریایی، تلاطم و آمیختگی در لایهٔ زیر پوشش یخی اقیانوس

۵. انتقال تلاطمی نزدیک سطح زمین: شارهای تلاطمی نزدیک سطح خشکی و آبی، ضرایب انتقال تلاطمی نزدیک سطح، پارامترسازی شارهای نزدیک سطح زمین، مدل‌های انتقال در لایه مرزی جوّ و لایه آمیخته اقیانوس، مدل‌های: تیغه‌ای (slab)، چینه‌ترازی، پخشی، و بستار مرتبه یک‌ونیم و دو

۶. اندازه‌گیری تلاطم: روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای تلاطمی، افت‌وخیزهای: سرعت، دما، شوری؛ همبستگی افت‌وخیزها (شارها)، طیف افت‌وخیزها، مقیاس‌های تلاطم با اثر چینه‌بندی چگالی، تفکیک امواج گرانی درونی از تلاطم

۷. تلاطم بزرگ‌مقیاس افقی جوّ و اقیانوس: تلاطم بزرگ‌مقیاس زمینگرد، طیف تلاطم دوبعدی، ضرایب پخش برای تلاطم دوبعدی

۸. مباحث انتخابی: بستارهای تلاطم با مرتبه دو و بالاتر، بستار محلی و غیرمحلی، فرضیه تبادل، پارامترسازی عددی لایه‌های مرزی تلاطمی، اقلیم و تلاطم لایه مرزی، شکست امواج درونی و سطحی و ایجاد تلاطم، ساختار تلاطم نزدیک مرز جوّ- اقیانوس

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Wyngaard, J. C., 2010: Turbulence in the Atmosphere. Cambridge University Press, 407 pp.
2. Thorpe, S. A., 2005: The Turbulent Ocean. Cambridge University Press. 442 pp.
3. Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic Press, 884 pp.
4. Stull, R. B., 1988: An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Publishers, 666 pp.
5. Tennekes, H., and J. L. Lumley, 1982: A First Course in Turbulence. 2nd ed., MIT Press, 300 pp.
6. Monin, A. S., and P. V. Otmidow, 1985: Turbulence in the Ocean. Translation editor: H. Tennekes, D. Reidel Pub. Company, 254 pp.
7. Rhines, P. B., 1979: Geostrophic turbulence. Annual Review of Fluid Mechanics, 11(1), 401–441.
8. Bidokhti, A. A., 2018: Fundamentals of Fluid Dynamics. 2nd. Ed., University of Tehran Press.
9. Blackadar, A. K., 1998: Turbulence and Diffusion in the Atmosphere. Springer–Verlag, 185 pp.
10. Dritschel, D. G., (ed.) 2008: Proceedings of the IUTAM Symposium on Turbulence in the Atmosphere and Oceans. Cambridge, UK, December 8–12.
11. Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Ch. 6, Oxford University Press, 378 pp.
12. Hsu, S. A., 1988: Coastal Meteorology. Academic Press, 263 pp.
13. Kantha, L., H., and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic Press, 884 pp.
14. Casandy, G. T., 2001: Air–Sea Interaction. Cambridge University Press, 284 pp.
15. Shin, H. H., and J. Dudhia, 2016: Evaluation of PBL parameterizations in WRF at subkilometer grid spacings: Turbulence statistics in the dry convective boundary layer. Mon. Wea. Rev., DOI: http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-15-0208.1.
16. Cohen, A. E., Cavallo, S. M., Coniglio, M. C., and Brooks, H. E., 2015: A review of planetary boundary layer parameterization schemes and their sensitivity in simulating southeastern U.S. cold season severe weather environments. Weather and Forecasting, 30, 591–612.
17. Nazarian, N., Krayenhoff, E. S., and Martilli, A., 2020, A one-dimensional model of turbulent flow through “urban” canopies (MLUCM v2.0): updates based on large-eddy simulation, Geosci. Model Dev., 13, 937–953, https://doi.org/10.5194/gmd-13-937.

عنوان درس به فارسی:	فیزیک ابر		
عنوان درس به انگلیسی:	Cloud Physics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ■ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی با فرایندهای تشکیل ابر و بارش

اهداف ویژه:

آشنایی با فرایندهای تشکیل ابر و بارش و همچنین برخی از مباحث اصلی پژوهش در زمینه فیزیک ابر در سال‌های اخیر

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مشاهدات ابرها: بخار آب در جوّ، مکان شکل‌گیری ابرها در جوّ، طبقه‌بندی ابرها، ابرهای بالا، ابرهای میانی، ابرهای میانی، ابرهای با گسترش قائم
۲. تعادل ترمودینامیکی کُپه‌ای بین بخار آب، آب مایع و یخ: سامانه‌های بسته و باز، مدل مفهومی ساده برای تشکیل ابرهای کومه‌ای کوچک، رابطه گیبس – دوهم، شرط کلی تعادل ترمودینامیکی، معادلهٔ کلاسیوس – کلاپیرون، نمودار فاز برای مادهٔ آب، اَبَرسرمایش و فرایند برجران – فیندآیسن، مرتبهٔ تغییر فاز، محاسبهٔ فشار بخار اشباع
۳. شناوری بسته و پایداری جوّ: تعادل آب‌ایستایی، نیروی شناوری بر یک بسته هوا، معیارهای پایداری برای هوای خشک، ناپایداری همرفتی، جابه‌جایی مایل، ناپایداری متقارن، ناپایداری کژفشار
۴. آمیختگی و همرفت: اختلاط توده‌های هوا، تراز میعان همرفتی، همرفت، نظریه بسته، بهبود نظریه مقدماتی
5. تشکیل و رشد قطرک‌های ابر: جنبه‌های کلی ابر و تشکیل بارش، هسته‌زایی آب مایع در بخار آب، هسته‌های میعان جوّی، رشد پخشی قطرک، رشد گروهی قطرک‌ها، تصحیح‌هایی در نظریه رشد پخشی
6. آغاز باران در ابرهای غیرمنجمد: ایجاد زمینه همامیزی، رشد قطرک در اثر برخورد و همامیزی، مدل باون، رشد آماری (مدل تلفورد، معادله همامیزی تصادفی)، اثر تلاطم در برخورد و همامیزی
7. تشکیل و رشد بلورهای یخ: هسته‌زایی فاز یخ، آزمایش‌های مربوط به هسته‌زایی یخبندان ناهمگن، هسته‌های یخ جوّی، فاز یخ در ابرها، رشد پخشی بلورهای یخی، رشد مضاعف در اثر برافزایش، مقایسه فرایند بلور یخ و همامیزی
8. باران، برف و فرایندهای بارش: توزیع اندازه قطره، خردشدن قطره، توزیع اندازه پره‌برف، انبوهش و خرد شدن پره‌برف‌ها، آهنگ بارش
۹. الکتریسیته ابر: الکتریسیته هوای صاف، بارهای الکتریکی در جوّ، مدار الکتریکی جهانی، الکتریسیته ابرهای تندری، ابرآمایی، مدل‌سازی ابرآمایی با استفاده از مدل‌های ابر، تأثیر الکتریسیته ابر بر فرایندهای خردفیزیکی
۱۰. مدل‌های عددی ابر: مدل‌های: یک‌بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی، فرمول‌بندی دینامیک ابر، فرمول‌بندی خردفیزیک ابر، نمونه‌هایی از شبیه‌سازی مدل ابر

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و آزمون میان‌ترم	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd edition, Butterworth Heinemann, 290 pp.
2. Young, K. C., 1993: Microphysical Processes in Clouds. Oxford University Press, 427 pp.
3. Wang, P. K., 2013: Physics and Dynamics of Clouds and Precipitation. Cambridge University Press, 451 pp.
4. Pruppacher, H. R. and J. D. Klett, 2012: Microphysics of Clouds and Precipitation. Springer, 954 pp.
5. Cotton, W. R., and A. R., Anthes, 1989: Storm and Cloud Dynamics. Academic Press, INC. 883 pp.
6. Mason, B. J., 1971: The Physics of Clouds. Clarendon Press. Oxford, 671 pp.
7. Wallace, J. M., and P. V. Hobbs, 2006: Atmospheric Science: An Introductory Survey. 2nd ed., Academic Press, 504 pp.

عنوان درس به فارسی:	تحلیل عینی و گوارد داده‌ها		
عنوان درس به انگلیسی:	Objective Analysis and Data Assimilation		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با مباحث مطرح در زمینه تحلیل عینی و گوارد داده‌های جوّی

اهداف ویژه:

آشنایی با مبانی کلی روش‌های تحلیل عینی و روش‌های درونیابی فضایی مورد استفاده در هواشناسی و مدل‌های جوّی و اقیانوسی و مباحث پایه‌ای روش‌های گوارد داده‌های جوّی در مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی تحلیل عینی و گوارد داده‌ها: دینامیک، سامانه‌های دیدبانی، مجموعه داده‌ها، مدل‌ها؛ تعریف مسئله و استخراج معادلات تحلیل جوّ، مشخصه‌های مسئله تحلیل در پیش‌بینی عددی وضع هوا: پایه گسسته از پیش معین، لزوم تقریب، فرومعینی(underdeterminacy) و لزوم اطلاعات پیشین، تحول زمانی، توازن وجفت‌شدگی غیرخطی

۲. تحلیل فضایی: مفاهیم بنیادی، برازش خم، برآورد کمترین مربعات، روش تصحیح متوالی: کرسمن و بارنز؛ تحلیل آماری: کریجینگ، درونیابی بهینهٔ تک‌متغیره و چندمتغیره؛ مسئله آغازگری، آغازگری بهنجار غیرخطی

۳. روش‌های وردشی: مسئله وردشی، تحلیل وردشی سه‌بعدی (DVAR۳)، گوارد وردشی چهاربُعدی (فضا و زمان): کمینه‌سازی مقید و معادلات اویلر-لاگرانژ، روش‌های الحاقی برای کمینه‌سازی

۴. مباحث ویژه: روش‌های گوارد مورد استفاده در سامانه‌های پیش‌بینی عملیاتی کنونی، گوارد داده‌ها در میان‌مقیاس، نظریه برآورد و گوارد دنباله‌ای داده‌ها، صافی کالمن، صافی کالمن بسط‌یافته، الگوریتم‌های عددی برای حل مسائل گوارد داده ، بردارهای تکینه و دیدبانی هدفمند

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
- تمرین
- پروژه درسی
- آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Evensen, G., 2009: Data Assimilation: The Ensemble Kalman Filter. Springer–Verlag, 279 pp.
2. Law, K., A. Stuart, and K. Zygalakis, 2015: Data Assimilation: A Mathematical Introduction. Springer, 242 pp.
3. Daley, R., 1994: Atmospheric Data Analysis. Cambridge University Press, 466 pp.
4. Kalnay, E., 2002: Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press, 364 pp.
5. Lorenc, A. C., 1986: Analysis methods for numerical weather prediction. Q. J. R. Meteorol. Soc., 12, pp. 1177–1194.
6. Ghil M., and P. Malanotte-Rizzoli, 1991: Data assimilation in meteorology and oceanography. Advances in Geophysics, Vol. 33, Academic Press, pp. 141–266.
7. Thiebaux, G. H., and M. A. Pedder, 1987: Spatial Objective Analysis: with Applications in Atmospheric Science. Academic Press, 299 pp.
8. Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes. Academic Press, pp. 729–776.
9. Pinardi, N., and J. Woods (eds.), 2000: Ocean Forecasting: Conceptual Basis and Applications. Springer–Verlag, pp. 73–147.
10. Malanotte-Rizzoli, P., (ed.), 1995: Modern Approaches to Data Assimilation in Ocean Modeling. Elsevier, 455 pp.
11. Tarantola, A., 1987: Inverse Problem Theory- Methods for data fitting and model parameter estimation. Elsevier, 613 pp.
12. Golub, G., and C. Van Loan, 1996: Matrix Computations. 3rd ed., The Johns Hopkins University Press, 664 pp.

عنوان درس به فارسی:	امواج و ناپایداری		
عنوان درس به انگلیسی:	Waves and Instability		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با برخی از مباحث بنیادی در زمینه امواج و گونه‌های مختلف ناپایداری در دینامیک شاره‌ها

اهداف ویژه:

ضمن معرفی مفاهیم و اثرات خطی، تکیه خاص بر دینامیک و پایداری غیرخطی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. امواج: امواج آکوستیک شامل معادله موج، جوّاب‌های بنیادین معادله موج، تابش چندقطبی، تولید صوت، پراکندگی صوت، آکوستیک غیرخطی، موج شوک، ناورداهای ریمان؛ امواج آب شامل امواج کم‌دامنه، پاشندگی و سرعت گروه، امواج غیرخطی ضعیف و معادله کرته‌وگ- دوریس (Korteweg–de Vries)، امواج انفرادی و سالیتون‌ها

۲. پایداری خطی: ناپایداری کلوین- هلمهولتز، ناپایداری زمانی، ناپایداری فضایی، ناپایداری جت‌ها و پسایه‌ها، علیت و مدهای فضایی ناپایداری، معادله خطی‌شده گینزبرگ- لاندائو، پایداری شارش‌های دارای چینش موازی شامل معادلات ریلی و اُر- زومرفلد (Orr–Sommerfield)، شارش‌های توسعه‌یابنده در فضا و مدهای جهانی

۳. پایداری غیرخطی: نظریه لاندائو، معادله لاندائو- استیوارت، استخراج معادله‌های دیفرانسیلی معمولی حاکم بر پایداری، برهمکنش‌های تشدیدی امواج، مفاهیم بنیادین پایداری غیرخطی، نظریه دوشاخگی و آشوب، روش انرژی در بررسی پایداری، قضایای پایداری آرنولد

۴. رهیافت هامیلتونی: تقارن و قانون‌های پایستاری، تقارن بازبرچسب‌زنی (relabeling) ذرات، پایستاری کنش موج، معادله‌های شارش میانگین، معادله‌های بُندادی، صورت اویلری اصل هامیلتون، نگره هندسی دینامیک، دینامیک هامیلتونی نابندادی، شبه‌انرژی، پایداری و انرژی دسترس‌پذیر

۵. مباحث انتخابی: برهمکنش‌های اتلافی امواج با شارش میانگین، برهمکنش‌های غیراتلافی امواج با شارش میانگین، رشد مُدی و نامُدی در ناپایداری فشارورد و کژفشار، برهمکنش‌های موج- موج، امواج راسبی انفرادی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۷۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Drazin, P. G., and W. H. Reid, 1981: Hydrodynamic Stability. Cambridge University Press, 527 pp.
2. Kapitula, T., and K. Promislow, 2014: Spectral and Dynamical Stability of Nonlinear Waves. Springer-Verlag, 361 pp.
3. Vallis, G. K., 2017: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-scale Circulation, 2nd edition, Cambridge University Press., 946 pp.
4. Hsieh, D. Y., and S. P. Ho, 1994: Wave and Stability in Fluids. World Scientific, 416 pp.
5. Huerr, P., and P. A. Monkewitz, 1990: Local and global instabilities in spatially developing flows. Annu. Rev. Fluid Mech., 22, pp. 473–537.
6. Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press, 392 pp.
7. Whitham, G. B., 1974: Linear and Nonlinear Waves. John Wiley & Sons, 636 pp.
8. Lighthill, M. J., 1978: Waves in Fluids. Cambridge University Press, 520 pp.
9. Komen, G. L., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann, and P. A. E. M. Janssen, 1994: Dynamics and Modelling of Ocean Waves. Cambride University Press, 532 pp.
10. Craik, A. D. D., 1985: Wave Interaction and Fluid Flows. Cambridge University Press, 322 pp.
11. Andrews, D. G., J. Holton, and C. Leovy, 1987: Middle Atmosphere Dynamics. Academic Press, 489 pp.
12. Infeld, E., and G. Rowlands, 1990: Nonlinear Waves, Solitons, and Chaos. Cambridge University Press, 423 pp.
13. Gill, A., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
14. Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. Springer-Verlag, New York, 624 pp.

عنوان درس به فارسی:	هواشناسی آلودگی هوا		
عنوان درس به انگلیسی:	Air pollution meteorology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با مفاهیم پایه هواشناسی آلودگی هوا شامل، چشمه‌ها، مقیاس‌ها، پخش و محاسبات و پیش‌یابی‌های آلودگی هوا در جوّ و موضوع‌های اصلی پژوهش در دهه‌های اخیر

اهداف ویژه:

آشنایی با انواع آلاینده‌های طبیعی و انسانزاد، نقش عوامل مختلف مختلف جوّی و شرایط پایداری جوّ در کنترل آلودگی هوا، آشنایی با نحوهٔ محاسبات پخش و همانندسازی‌های عددی شرایط آلودگی هوا به ویژه در محیط‌های شهری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: مفاهیم بنیادی آلودگی هوا، نمونه اثرات زیست‌محیطی آلودگی هوا، آلاینده‌های طبیعی و مصنوعی، توفان‌های خاک، معیارها و استانداردهای کیفیت هوا

۲. آلاینده‌های هوا و منابع و مقیاس‌های آنها: انواع آلاینده‌های گازی، ذره‌ای، ثانویه، رادیواکتیو؛ گردوخاک، منابع آلاینده‌ها، اشاره به شیوه‌های کنترل آلودگی هوا، سازوکارهای حذف آلاینده‌ها، اندازه‌گیری آلاینده‌های هوا، یکای غلظت آلاینده‌ها، مقیاس‌های آلودگی هوا، نمونه‌هایی از آلودگی‌های جوّی حاد، حفره اُزون

۳. هواشناسی آلودگی هوا: اشاره‌ای به گردش کلی جوّ، گردش‌های محلی، شرایط هواشناختی تهویه و سکون آلاینده ها، وارونگی، قوانین حرکت تلاطمی هوا در لایه مرزی، توزیع قائم باد، دما و تلاطم در لایه مرزی جوّ، پَرشارها (پلوم‌ها) در شرایط مختلف پایداری، عمق لایه آمیخته

۴. مدل‌سازی و پیش‌بینی آلودگی هوا: مروری برمعادله‌های حاکم بر پراکنش آلاینده‌های هوا، مدل رشد و بالاروی پَرشار، مدل گوسی، جنبه‌های آماری فرایند پخش تلاطمی، مدل انتگرالی(جعبه‌ای)، ضرایب پخشی، تخمین عمق لایه آمیخته، مدل‌هایی برای پیش‌بینی آلودگی هوا

۵. جنبه‌های اقلیمی آلودگی هوا: بسامد دوره‌های مختلف آلودگی هوا، گلبادهای فصلی، سالانه و چندسالانه؛ تغییرات اقلیمی مربوط به آلودگی هوا برای مناطق شهری و جهانی (روند تغییرات اُزون، هواویزهای جوّی و غیره)، چالش‌های آلودگی هوا

۶. ترابرد منطقه‌ای و جهانی برخی از آلاینده‌ها به ویژه ازون و گردوخاک: نقش گردش‌های بزرگ مقیاس پوشن‌سپهری و وردسپهری در تغییرات آلاینده ازون وردسپهری و سطحی، نقش آلاینده‌هایی مانند ازون و گردوخاک بر توازن تابشی جوّ

۷. آشنایی با مدل‌های عددی پیش‌یابی آلودگی هوا: مدل‌های عددی آلودگی در محیط‌هایی با مقیاس‌های محلی، شهری، منطقه‌ای و جهانی، نحوهٔ پیش‌یابی غلظت گردوخاک در مناطق مختلف، به‌ویژه منطقه خاورمیانه و ایران، نحوهٔ گسیل گردوخاک، باد آستانه و ترابرد دوربرد آنها، مدل‌های ترکیبی پیش‌یابی چشمه گردوخاک

۸. مباحث انتخابی: مروری بر روند تغییرات آلودگی هوا برای چند شهر بزرگ جهان، پارامترسازی لایه مرزی جوّ و آلودگی هوا، اثر جزیره گرمایی شهری، انتشار حادثه‌ای گازهای سنگین در محیط، آشنایی با مدل‌های عددی محاسبه پخش آلاینده‌ها همانند WRF-Chem، ENVIMET، TAPM، HYSPLIT، ARMOD

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Jacob, D., 2004: Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press, 274 pp.
2. Arya, S. P., 1999: Air Poluution Meteorology and Dispersion. Oxford University Press, 320 pp.
3. Seinfeld, J. H., and Pandis, S. N., 2016: Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, 1152 pp.
4. Schnelle, K. B., and P. R. Dey, 2000: Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide. McGraw Hill, 420 pp.
5. Wyngaard, J. C., 2010, Turbulence in the Atmosphere. Cambridge University Press, 407 pp.
6. Turco, R. P., 2002, Earth under Siege, From Air Pollution to Global Change. 2nd ed., Oxford University Press, 552 pp.
7. Oke, T., Mills, G., Christen, A., and Voogt, J., 2017: Urban Climates, Cambridge University Press, 526 pp.
8. Schnelle, K. B., and P. R. Dey, 2000: Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide. McGraw Hill, 420 pp.
9. Pérez, I. A., García, M. Á., Sánchez, M. L., Pardo, N., Fernández-Duque, B., 2020: Key points in air pollution meteorology. Int. J. Environ. Res. Public Health, 17, 8349, 10.3390/ijerph17228349.
10. Arghavani, S., Malakooti, H., and Bidokhti, A. A., 2021: Evaluation of the effects of urban green space scenarios on near-surface turbulence and dispersion related parameters: A numerical case study in Tehran metropoli., Urban Forestry & Urban Greening, 59, https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127012.
11. Gharibzadeh, M., Alam, K., Abedini, Y., Bidokhti, A. A., Masoumi, A., Bibi, H. and Zeb, B., 2019, Climatological analysis of the optical properties of aerosols and their direct radiative forcing in the Middle East. J. Atmos. and Solar-Terrestrial Physics, 183, 86–98.
12. Gharibzadeh, M., Alam, K., Abedini, Y., Bidokhti, A. A., Masoumi, A., Bibi, H. and Zeb, B., 2019, Climatological analysis of the optical properties of aerosols and their direct radiative forcing in the Middle East, J. Atmos. and Solar-Terrestrial Physics, 183, 86–98, 10.1016/j. jastp.2019.01.002.
13. Hannah, S. R., Briggs, G. A., and Hosker Jr., R. P., 1982: Handbook on Atmospheric Diffusion (No. DOE/TIC-11223). National Oceanic and Atmospheric Administration, Oak Ridge, TN (USA). Atmospheric Turbulence and Diffusion Lab., 102 pp.
14. Stren, A. C., Boubel, R. W., Turner, D. B. and Fox, D. L., 1994: Fundamentals of Air Pollution. 3rd ed., Academic Press, 574 pp.

عنوان درس به فارسی:	شیمی جوّ		
عنوان درس به انگلیسی:	Atmospheric Chemistry	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی با برخی از مباحث بنیادی در شیمی جوّ

اهداف ویژه:

آشنایی با ساختار شیمیایی جوّ و فرایندها و واکنش‌های حاکم در جوّ

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. فرایندهای نورشیمیایی و واکنش‌های آغازین: مروری بر ساختار جوّ ، مبانی جنبش‌شناختی واکنش‌ها، ویژگی‌های ضرایب آهنگ واکنش، فرایندهای نورشیمیایی، تضعیف تابش خورشید در جوّ، تجزیه نوری اکسیژن و ازون، نورشیمی اجزاء کم‌مقدار جوّ

۲. شیمی پوشن‌سپهر: تاریخچه، دیدبانی‌های ازون، مدل چَپمن، گازهای نادر (نجیب)، ناهمگنی شیمیایی پوشن‌سپهری قطبی، بودجه ازون در وردسپهر

۳. شیمی وردسپهر- متان و چرخه اُکسایش: منبع وردسپهری، رادیکال های هیدروکسیل در وردسپهر، بودجه متان، فرمالدهاید، مونوکسید کربن، هیدروژن

۴. ازن در ورد سپهر: نور شیمی آلودگی هوا، توزیع و رفتار ازون ورد سپهری، بودجه کمینه ازون در ورد سپهر، تولید و اتلاف نور شیمیایی ازون در وردسپهر بدون پریشیدگی

۵. هیدروکربن‌ها، هالوکربن‌ها و سایر ترکیب‌های آلی فرّار: هیدروکربن‌ها، هالوکربن‌ها و سایر مواد آلی فرّار، سازوکارهای اکسایش هیدروکربن‌ها، هالوکربن‌ها

۶. شیمی ابر و بارش: چرخه آب، ابر و تشکیل باران، روبش گازها به وسیله ابر و قطره‌های باران، ترکیب شیمیایی معدنی و PH ابر و آب باران، واکنش‌های شیمیایی در ابر و مه

۷. ترکیب‌های نیتروژن در وردسپهر: فرایندهای بیوشیمیایی، آمونیاک، اکسید نیتروز، دی‌اکسید نیتروژن و دیگر ترکیب‌های نیتروژنی مرتبط

۸. ترکیب‌های گوگرد در جوّ: ترکیب‌های گوگردی احیاء شده (سولفید هیدروژن، سولفید دی‌متیل و سولفید کربنیل)، دی‌اکسید گوگرد و ذرات سولفات، بودجه وردسپهری گوگرد

۹. ژئوشیمی دی‌اکسید کربن: منابع عمده کربن (دی‌اکسید کربن در جوّ، اقیانوس‌ها، کربن در سنگ‌های رسوبی، زیست‌کره)، چرخه‌های جهانی کربن (چرخه‌های ژئوشیمیایی، تبادل دی‌اکسید کربن بین جوّ و اقیانوس، برهمکنش جوّ و زیست کره، برهمکنش درازمدت زیست‌کره و جوّ و بودجه جاری دی‌اکسید کربن)

۱۰. مباحث انتخابی: گازهای نادر (نجیب)، جوّ اولیه، نیتروژن، اکسیژن (منابع، بودجه، چرخه و افزایش آن)، گازهای جوّی: رفتار چرخه‌ای در مقابل تجمعی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم‌سال	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Hobbs, P. V., 2000: An Introduction to Atmospheric Chemistry. Cambridge University Press, 276 pp.
2. Wallace, J. M., and P. V. Hobbs, 2006: Atmospheric Science: An Introductory Survey. 2nd Ed., Academic Press Elsevier, 504 pp.
3. Jacob, D. J., 2000: Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press, 280 pp.
4. Warneck, P., 2000: Chemistry of the Natural Atmosphere. Academic Press, 927 PP.
5. Finlayson-Pitts, B. J., and J. N. Pitts, 2000: Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Academic Press, 969 pp.
6. McEwan, M., and L. F. Phillips, 1975: Chemistry of the Atmosphere. Edward Arnold Press, 301 pp.

عنوان درس به فارسی:	تابش جوّی		
عنوان درس به انگلیسی:	Atmospheric Radiation		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با فرایندهای مرتبط با تابش در جوّ

اهداف ویژه:

آشنایی با مبانی انتقال تابش، فرایندهای جذب و پراکنش نور در جوّ، نقش تابش در اقلیم و روش‌های عددی شبیه‌سازی فرایندهای مرتبط با تابش در جوّ

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی انتقال تابش: مقدمه، تشکیل و شکل خط جذب، معادله انتقال (ترابُرد) تابشی، قانون بیر-بوگر-لامبرت، معادله شوارتس‌شیلد و راه حل آن، معادله انتقال تابش در جوّ موازی-تخت، معادله های انتقال تابش برای محیط‌های ناهمگن سه‌بُعدی، طیف تابش خورشیدی و تعیین ثابت خورشیدی

۲. جذب و پراکنش تابش خورشیدی در جوّ: جذب جوّی: فرابنفش، مرئی و فروسرخ، پراکنش جوّی: پراکنش ریلی، پراکنش نور توسط ذرات و تقریب‌ها، جذب و پراکنش چندگانه در جوّ سیاره‌ای

۳. انتقال تابش فروسرخ گرمایی در جوّ: طیف تابش فروسرخ گرمایی و اثر گلخانه‌ای، جذب و گسیل در جوّ، روش توزیع K همبسته، مدل‌های نواری، روش‌های نوارپهن برای محاسبه شار، انتقال تابش فروسرخ در جوّ ابری: تقریب‌های دوجریانه و چهارجریانه، آهنگ‌های سرمایش فروسرخ جوّ

۴. پراکنش نور توسط ذرات جوّ: ریخت شناسی ذرات جوّ، نظریه لورنتس- می در پراکنش نور توسط ذرات کروی، نور شناخت هندسی، نظریه جامع پراکنش نور توسط بلورهای یخ، پراکنش نور از طریق هواویزهای غیرکروی

۵. انتقال تابش در جوّ: روش عرض گسسته، اصول ناوردایی، روش اضافه کردن، تقریب‌های انتقال تابش، انتقال تابش همراه با قطبش، مباحث پیشرفته در انتقال تابش: ذرات یخ ترازهای افقی، ابرهای ناهمگن سه‌بُعدی، روش مونت کارلو، روش مرتبه متوالی پراکنش، تقریب دلتای چهارعاملی، جوّ کروی

۶. تابش و اقلیم: بودجه تابشی سامانه جوّ-زمین، جوّ همرفتی-تابشی، تابش در مدل‌های اقلیمی یک‌بُعدی، تابش در مدل‌های اقلیمی باتوازن انرژی، تابش در مدل‌های اقلیمی جهانی

۷. روش‌های عددی در تابش: آشنایی و کار با برخی از بسته‌های نرم‌افزاری مرتبط مانند HITRAN, FASCODE, LBLRTM, GENLN, MODTRAN, LOWTRAN, RADCON, HITRAN-PC, PCMODWIN, PCLNWIN

۸. مباحث انتخابی: سنجش از دور با استفاده از: انتقال نور خورشید، بازتاب نور خورشید، گسیل تابش فروسرخ، گسیل تابش ریزموج، لیزر و انرژی ریزموج

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم‌سال	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Liou, k. N., 2001: An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press, 583 pp.
2. Coakley Jr., J. A., and P. Yang, 2014: Atmospheric Radiation: A Primer with Illustrative Solutions. John Wiley & Sons, 239 pp.
3. Goody, R. M., and Y. L. Yung, 1995: Atmospheric Radiation: Theoretical basis. Oxford University Press, 536 pp.
4. Goody, R. M., 1995: Principles of Atmospheric Physics and Chemistry. Oxford University Press, 336 pp.
5. Goody, R. M., and A. Sobel, 1996: A graduate radiation course based upon numerical methods. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, pp. 2919–2924.
6. Thomas, G. E., and K. Stamnes, 1999: Radiative Transfer in the Atmosphere and Ocean. Cambridge University Press, 517 pp.

عنوان درس به فارسی:	خردفیزیک ابر و تعدیل آب و هوا		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Cloud Microphysics and Weather Modification		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:			تخصصی ■	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:			اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۴۸			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ■ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با فرایندهای تشکیل ابر و بارش و همچنین ارائه رهیافت‌های مختلف در زمینه تعدیل وضع هوا و ابرآمایی

اهداف ویژه:

آشنایی با مباحث و روش‌های تعدیل وضع هوا و ابرآمایی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. ساختار و هسته‌زایی آب و یخ: مولکول آب، ساختار و شکل یخ، ساختار آب مایع، فصل‌های مشترک آب، یخ و هوا؛ میعان همگن، میعان روی هسته‌های نامحلول، میعان روی هسته‌های محلول، هسته‌زایی نهشتی، هسته‌زایی‌های یخبندان: همگن، غوطه‌وری، برخوردی و میعانی؛ ارتباط‌های بین مُدهای هسته‌زایی یخ، تولید ثانویه یخ، رفتار هسته‌های یخی در طبیعت

۲. رشد پخشی قطره‌های آب و بلورهای یخ: معادله‌های رشد پخشی قطره، رقابت ذرات در جذب بخار آب، عوامل تعدیل‌کننده در معادله‌های اساسی شار، شکل بلورهای یخ، معادله‌های رشد بلورهای یخ، رشد شبکه بلور یخ، مدهای رشد بلور یخ

۳. رشد قطره‌های آب و ذره‌های یخ در اثر جمع‌آوری: معادله جمع‌آوری، جوّاب‌های معادله جمع‌آوری، خرد شدن قطره، رشد بلورهای برفکی و گویچه‌ها، رشد تگرگ، رشد برف‌دانه‌ها، ذوب ذره‌های یخ

۴. تشکیل بارش در اثر همامیزی و سازوکار بلور یخ: تشکیل ابر آب‌دار، آغاز فرایند همامیزی، توسعه طیف نمایی قطره باران، افزایش ابر اشباع آب در فراهنج‌ها، نقش همامیزی و خرد شدن در ستون باران (rainshafts)، فرایند یخبندان، تشکیل بارش در ابرهای پوشنی، تشکیل بارش در ابرهای همرفتی

۵. مبانی خردفیزیکی در تعدیل ابرها: رهیافت‌های فیزیکی در تعدیل بارش (تعدیل فرایندهای همامیزی، بلور یخ و دینامیکی)، رهیافت‌های آماری در تعدیل بارش، رهیافت‌های فیزیکی در مقابل آماری، طراحی آزمایش‌ها و ارزیابی آنها، تعدیل مه‌های گرم و ابر سرد، تعدیل ابرهای کوهستانی و همرفتی، فرایند تعدیل ناخواسته فرایندهای ابر

۶. تشکیل و تعدیل تگرگ: ساختار توفان تگرگ، شرایط رشد تگرگ، سازوکارهای گزینشی دانهٔ تگرگ، مفاهیم فرونشانی تگرگ

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و آزمون میان‌ترم	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Young, K. C., 1993: Microphysical Processes in Clouds. Oxford University Press, 427 pp.
2. Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd edition, Butterworth-Heinemann, 290 pp.
3. Cotton, R. W., and R. A. Pielke Sr., 2007: Human Impact on Weather and Climate, 2nd Edition, Cambridge University Press, 330 pp.
4. Wang, P. K., 2013: Physics and Dynamics of Clouds and Precipitation. Cambridge University Press, 451 pp.
5. Pruppacher, H. R. and J. D., Klett, 2012: Microphysics of Clouds and Precipitation. 2nd ed., Springer, 954 pp.
6. Wang, P. K., 2013: Physics and Dynamics of Clouds and Precipitation. Cambridge University Press, 451 pp.

عنوان درس به فارسی:	هواویزهای جوّی		
عنوان درس به انگلیسی:	Atmospheric Aerosols	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با هواویزهای جوّی و ویژگی‌های آنها

اهداف ویژه:

آشنایی با انواع هواویزها در جوّ و بررسی ویژگی‌های دینامیکی و ترمودینامیکی آنها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. توزیع اندازه و نمونه برداری: مقدمه، بررسی ریاضی توزیع اندازه، اصول فیزیکیِ تعیین توزیع اندازه، مدل‌های توزیع اندازه هواویزهای جوّی، نمونه‌هایی از مشخصه‌های توزیع، زمان ماندگاری و تغییر پذیری ، خواص فیزیکی ذرات هوابُرد، دستگاه‌های نمونه‌برداری، روش‌های عمومی نمونه‌برداری

۲. ترکیب‌های غیرآلی و روش‌های تشخیص هواویزهای جوّی ریز: فلزها و ترکیب‌های آنها، هواویزهای غیرآلی ثانویه، توزیع گونه‌های شیمیایی در فازهای جوّ، روش‌های تشخیص شامل ریخت‌شناسی، تحول گرمایی، روش‌های تجزیه، روش‌های طیف نگاری، سوانگاری گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS)، روش‌های تشخیص بر اساس ویژگی‌های جذب آب

۳. جنبش شناسی و ترمودینامیک هواویزهای ورد سپهری: جنبش شناسی هواویزها شامل تعادل بخار-هواویز، جدایی فاز در ذرات، بلوری شدن در مقابل خواص فلوئورسانس، تعادل فاز برای آب و اثر کلوین؛ تعادل ترمودینامیکی هواویزها شامل اصول تعادل شیمیایی، ذرات در فاز آبی، ذرات در شکل بلور نمک، ذرات با فازهای آبی و جامد

۴. برخی ترکیب‌های آلی هواویزهای جوّی: دی‌اکسین‌ها، دی‌بنزوفوران‌ها و PCBS ها با بررسی ساختار، چشمه‌ها، غلظت‌های زمینه، رفتار در جوّ، جذب تو سط گیاهان؛ هیدروکربن‌های معطر چندحلقه‌ای (PAHS) با برر سی چ شمه‌ها، توزیع اندازه و انتقال جوّی، نمونه‌برداری، جدا سازی و تجزیه، غلظت محیط زمینه، روند، نیم‌رخ گسیل از چشمه‌ها

۵. هواویزهای حاصل از سوخت‌های کربنی: ترکیبات ساختاری و شیمیایی مواد کربنی، تجزیه هواویزهای آلی (OC) و کربن سیاه (BC)، واکنش‌پذیری و رفتار ذرات سوخت در جوّ، نکات بارز زمین‌شیمی و اثرات وردسپهری ذرات سوخت

۶. ذرات هواویز زیستی اولیه (PBAP) و زیست‌زاد: ویژگی‌ها، چشمه‌ها، طول عمر، روش‌های نمونه‌گیری، تجزیه نمونه‌ها، رخداد در جوّ، توزیع اندازه، تشکیل ذرهٔ ثانویه از گازهای گوگرددار احیاءشده و هیدروکربن‌های زیست‌زاد، آمونیاک به‌منزله پیش‌علامت ذرات هواویز ثانویه

۷. چشمه‌های فلزهای کمیاب جوّی: چشمه‌های طبیعی، چشمه‌های انسان‌زاد، عوامل مؤثر بر گسیل، عوامل گسیل منطقه‌ای و جهانی

۸. نهشت خشک ذرات: نهشت خشک روی گیاهان و سطوح آبی، نهشت خشک در مناطق شهری، ذرات درشت، معلق شدن مجدد، غلظت‌های بحرانی

۹. اثر فرایندهای مرطوب بر هواویزهای جوّی: اثر بخار آب بر ذرات هواویز، روبشِ ناشی از بارش مایع و بارش جامد، روبش کلی ذرات هواویز از طریق بارش، تغییرات هواویز توسط ابرهای نابارا، مدل‌سازی فرایندهای مرطوب مؤثر بر هواویزهای جوّی

دانشگاه تهران

۱۰. هواویزهای میعانی: غبار مه مرطوب، ابرها و مه‌های گرم، فاز مخلوط و ابرهای یخی، فرایندهای آمیختگی در محیط ابری، روش‌های شـــناخت خُردفیزیک هواویزهای میعانی، فنون نمونه‌گیری آب‌شهاب‌ها، روش‌های تجزیه هواویزهای میعانی، نهشت هواویزهای میعانی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم‌سال	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Harrison, R. M., and R. E. Van Grieken, 1999: Atmospheric Particles. John Wiley & Sons, 610 pp.
2. Seinfeld, J. H., and S. N. Pandis, 2016: Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, 1225 pp.
3. Hobbs, P. V., and M. Patric Mc Cormick, 1988: Aerosols and Climate. A Deepak Publishing Press, 486 pp.
4. Warneck, P., 2000: Chemistry of the Natural Atmosphere. Academic Press, 927 pp.
5. Kondratyev, K. Y., L. S. Ivlev, V. F. Krapivin, and C. A. Varostos, 2009: Atmospheric Aerosol Properties. Springer, 595 pp.
6. McNeill, V. and P. Ariya, 2014: Atmospheric and Aerosol Chemistry, Springer-Verlag, 264 pp.

عنوان درس به فارسی:	گردش کلی جوّ		
عنوان درس به انگلیسی:	General Circulation of the Atmosphere	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی کلّی با پدیده‌ها، گردش‌ها و امواج در مقیاس‌های سیاره‌ای و همدیدی در مناطق حاره‌ای و عرض‌های میانی، پیچک‌های گذرا و ایستا، وردایی گردش در بسامدهای کم و الگوهای دورپیوند

اهداف ویژه:

آشنایی با ساختار مشاهداتی جوّ مناطق حاره‌ای در مقیاس‌های سیاره‌ای و همدیدی، موتور گرمایی جوّ، برهم‌کنش‌های حاره‌ای- جنب‌حاره‌ای، پیچک‌های گذرا در عرض‌های میانی، نظریه‌های ناپایداری کژفشار، انتشار موج و پیچک‌های ایستا، برهم‌کنش بین پیچک‌های گذرا و ایستا، جنبه‌های سه‌بعدی گردش جهانی، ساختار افقی گذراهای با بسامد کم و تغییر زمانی آنها، الگوهای دورپیوند

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مدل‌سازی و مشاهدات گردش‌های جهانی: عملگرهای میانگین‌گیری و کاربست آن به معادله‌های تکانه و انرژی ترمودینامیکی، شارش سه‌بُعدی میانگین‌گیری شده زمانی، شبکه دیدبانی جهانی، مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا، مدل‌های گردش جهانی، ترمودینامیک گردش جهانی

۲. موتور گرمایی جوّ: توازن انرژی جهانی، توازن تابشی محلی، ترمودینامیک حرکت شاره، گرمایش جوّ مشاهداتی، ساختار مشاهداتی جوّ مناطق حاره‌ای (مقیاس‌های سیاره‌ای، همدیدی و زیرهمدیدی)، برهم‌کنش‌های حاره‌ای- جنب‌حاره‌ای

۳. میانگین مداری گردش نصف‌النهاری: اساس مشاهداتی، مدل "هلد- هو" گردش هادلی، مدل‌های واقعی‌تر گردش هادلی، گردش میانگین گیری‌شده مداری در عرض‌های میانی، دید لاگرانژی از گردش نصف‌النهاری

۴. تلاطم‌های گذرا در عرض‌های میانی: مقیاس‌های زمانی حرکت جوّ، ساختار پیچک‌های گذرا، انرژتیک جوّی (میانگین جهانی انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل دسترس‌پذیر و چرخهٔ انرژی لورنتس)، نظریه‌های ناپایداری کژفشار، چرخه‌های زندگی سامانه‌های کژفشار و گذراهای با بسامد بالا

۵. انتشار موج و پیچک‌های ایستا: مشاهده پیچک‌های ایستا، مدل فشارورد و کاربست به پیچک‌های ایستای مشاهده شده، انتشار افقی و قائم امواج راسبی، شار "الیاسن- پالم"، شارهای "الیاسن- پالم" و چرخه‌های زندگی سامانه‌های کژفشار

۶. جنبه‌های سه‌بعدی گردش جهانی: تغییرات مداری در مناطق حاره‌ای، گردش‌های موسمی، مناطق توفانی عرض‌های میانی و جریان‌های جتی، برهم‌کنش بین پیچک‌های گذرا و ایستا، انتقال جهانی بخار آب

۷. وردایی گردش در بسامدهای کم: گذراهای با بسامد کم و توزیع جغرافیایی آنها، ساختار افقی گذراهای با بسامد کم و تغییر زمانی آنها، الگوهای دورپیوند، مدهای حلقوی، نوسان‌های پوشن‌سپهری، نوسان میان‌فصلی، نوسان جنوبی، بندال شارش عرض‌های میانی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۷۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. James, I. N., 1994: Introduction to Circulating Atmosphere. Cambridge University Press, 422 pp.
2. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. 5th edition, Academic Press, 532 pp.
3. Hoskins, B. J., and I. N. James, 2014: Fluid Dynamics of the Midlatitude Atmosphere. John Wiley & Sons, Ltd, 408 pp.
4. Mak., M., 2011: Atmospheric Dynamics. Cambridge University Press, 500 pp.
5. Hoskins, B. J., and R. P. Pearce (eds.), 1983: Large-Scale Dynamical Processes in the Atmosphere. Academic Press, 397 pp.
6. Grotjahn, R., 1993: Global Atmospheric Circulations: Observations and Theories. Oxford University Press, 446 pp.

عنوان درس به فارسی:	هواشناسی ماهواره‌ای		
عنوان درس به انگلیسی:	Satellite Meteorology	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه *☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

آشنایی با برخی از مباحث اصلی پژوهش در زمینه استفاده از تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای هواشناسی

اهداف ویژه:

آشنایی با روش‌های پردازش تصاویر و پیش‌بینی پدیده‌های هواشناسی مانند جبهه‌ها و توفان‌های مخرب

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تاریخچه هواشناسی ماهواره‌ای، مدارهای ماهواره‌های هواشناسی مانند Meteosat، انواع ماهواره‌های منابع زمین، ماهواره‌های محیط زیستی، سکوهای سنجش از دور، مروری بر گسیل تابش از جوّ، اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای، دستگاه‌های تابش‌سنجی، مکان‌یابی- ردیابی و ناوبری ماهواره، نمونه‌گیری زمانی-مکانی، تاثیر داده‌های ماهواره‌ای در پیش‌بینی عددی وضع هوا و داده‌گواری

۲. تفسیر الگوهای بزرگ‌مقیاس جبهه‌ها و چرخندهای عرض‌های میانی بر اساس تصاویر ماهواره: تفسیر سیماهای ناوه‌های کژفشار،کم‌فشارهای قطبی، الگوهای ابرهای همرفتی، همرفت روی اقیانوس‌ها، الگوهای ابرهای همرفتی ناشی از کوهستان، برون‌شارش توفان تندری و برهمکنش همرفتی، تشخیص سامانه‌های همرفتی میان‌مقیاس و الگوهای ابر و رطوبت در مقیاس‌های همدیدی و میانی و توفان‌های حاره‌ای

۳. کاربردهای مربوط به ابر: روش‌های بازیابی دما و تصحیح دمای سطح زمین و دریا، گمانه‌زنی ابر، بارش و هواویزها، تصویربرداری از ابرها، تابش‌سنجی موج کوتاه ابرها، فنون اندازه‌گیری بارش بر مبنای تابش مرئی، تابش فروسرخ و ریزموج غیرفعال؛ فنون تشخیص توفان‌های تُندری مخرب و استفاده از تصاویر ماهواره و رادار در اندازه‌گیری و پیش‌بینی کوتاه‌مدت بارش وآب بارش‌شو

۴. تفسیر توفان‌های خاک: میدان باد دیدبانی‌ها بر اساس تصاویر ماهواره‌ای، تحلیل تابشی ابرهای گردوخاک، ابرو ردیابی بخار آب، استنتاج باد از گمانه‌زنی، بادهای سطح اقیانوس، دستگاه‌های اندازه‌گیری باد افقی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، تمرین و پروژه در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: سایت و نرم‌افزارهای مخصوص

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Bowman, K., and P. Yang, 2015: Satellite Meteorology and Atmospheric Remote Sensing: An Introduction. Wiley-VCH, 320 pp.
2. Bader, M. J., G. S. Forbes, J. R. Grant, R. B. E. Lilley and A. J. Waters, 1995: Images in Weather Forecasting. Cambridge University Press, 499 pp.
3. Cracknell, A. P., 1983: Remote Sensing in Meteorology, Oceanography and Hydrology. Ellis Horwood Limited, 542 pp.
4. Georgiev, C. P. and K. Maynard, 2016: Weather Analysis and Forecasting: Applying Satellite Water Vapor Imagery and Potential Vorticity Analysis. 2nd Edition, Academic Press, 360 pp.
5. Stephens, G. L., 1994: Remote Sensing of the Lower Atmosphere: An Introduction. Oxford University Press, 544 pp.
6. Jensen, J. R., 2005: Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective, 3rd ed., Pearson Education, 450 pp.
7. Kidder, S. Q., and T. H. Vonder Haar, 1995: Satellite Meteorology. Academic Press, 466 pp.
8. Neteler, M., 2010: Estimating daily land surface temperatures in mountainous environments by reconstructed MODIS LST data. Remote Sens., 2010, 2, 333–351p.
9. Robin, A. V., 1987: Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology. Reidel Publishing Company, 480 pp.
10. Rees, W. G., 2013: Physical Principles of Remote Sensing. Cambridge University Press, 3rd ed., 494 pp.
11. Sabins, F. F., 1997: Remote Sensing, Principles and Introduction. W. H. Freeman Press, 3rd ed., 494 pp.

عنوان درس به فارسی:	هواشناسی راداری		
عنوان درس به انگلیسی:	Radar Meteorology	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی کلی با اصول عملکرد راداری و روش های نوین اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی

اهداف ویژه:

آشنایی با تعریف و قوانین بر انتشار امواج رادیویی و بررسی نحوه بازتاب امواج راداری از پدیده‌های هواشناسی، بررسی فن‌های نوین در رادارهای هواشناسی با هدف اندازه‌گیری دقیق‌تر، استفاده از فن‌های نوین راداری با داده‌های فضاپایه برای اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی در مقیاس جهانی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. اصول امواج الکترومغناطیسی: نظریه امواج الکترومغناطیسی، قوانین ماکسول، معادله موج، حل معادلات موج و بررسی انتشار امواج الکترومغناطیسی در محیط‌های مختلف، خواص و پارامترهای محیط، بررسی برخورد امواج الکترومغناطیسی با محیط‌های مختلف شامل دی¬الکتریک کامل، دی‌الکتریک با اتلاف و رسانندگی کامل، قطبش (خطی، دایره‌ای، بیضوی)

۱. اصول رادار: مفاهیم پایه، رادار دوپلری (جنبه‌های تراگسیلی و دریافتی)، شکل‌های کلی معادلهٔ رادار، هدف، تضعیف از طریق بارش قطرک‌های ابر، برف و گازها؛ ملاحظات عملی دربارهٔ نوفهٔ دستگاه، پهنای نوار، شکل موج پالاییده، نسبت سیگنال به نوفه

۲. پراکندگی و بازتابندگی: مقاطع تضعیف و پراکندگی برای ذرات کروی همگن، ناهمگن، غیرکروی؛ پس‌پراکنش از ابرها و بارش، عامل بازتابندگی رادار، روابط X و Z، اندازه‌گیری‌های قطبش، آشکارسازی بارش، تگرگ، آذرخش؛ زوائد، شکل‌های ویژه هواشناختی معادلهٔ رادار

۳. اندازه‌گیری‌های بارش: بازتابندگی تک طول موج، مقایسهٔ داده‌های راداری با شبکهٔ باران‌سنجی، اندازه‌گیری تضعیف تک طول موج، روش دو طول موجی α–R، روش دو طول موجی N (D)، فن دوقطبشی، روش‌های انتگرال سطحی برای باران همرفتی، شبکه‌های رادار، پیش‌بینی کوتاه‌مدت، تخمین بارش با ماهواره و رادار

۴. اندازه‌گیری سرعت: طیف دوپلری، پارامترهای طیفی، تبدیل فوریه ناپیوسته، برآوردکننده‌های گشتاورهای طیفی، عوامل مؤثر در پهنای طیف دوپلری، طیف دوپلری در فرود قائم، اندازه‌گیری میدان سرعت با یک رادار دوپلری و چند رادار دوپلری؛ بازیابی میدان‌های ترمودینامیکی و خُردفیزیکی

۵. مطالعهٔ برخی ساختارهای هواشناختی با رادار: مقدمه، همرفت در لایهٔ مرزی سیاره‌ای، همرفت عمیق و توفان‌های تندری، پیچندها و تاوه‌ها، آشفتگی‌های چرخندی برون‌حاره‌ای، ابرهای پوشنی، چرخندهای حاره‌ای، تلاطم در محیط با چینش چگالی و ناپایداری چینشی

۶. مباحث انتخابی: معرفی رادارهای هواشناسی: رادار دوقطبشی، رادار دوپلری، رادار اندازه‌گیری باد، رادار ترکیبی محفظه‌ای، سوپردارن

۷. پروژه درس: هدف اصلی پروژه درس بررسی انتشار امواج الکترومغناطیسی در محیط‌های مختلف با استفاده از تغییر پارامترهای محیطی است. بررسی میزان اتلاف سیگنال و میزان پراکندگی سیگنال ارسالی در اثر برخورد با فصل مشترک محیط‌های دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف از این قسمت، آشنایی دانشجویان با فرایند انتشار امواج و اصول پایه در سنجش از دور راداری است. لازم به ذکر است محیط‌های مختلف جوّ زمین را مانند محیط‌های شامل گازهای جوّی می‌توان بدین روش مدل‌سازی کرد. در این پروژه یک فایل متلب

(MATLAB) حاوی اطلاعات لازم برای حل قوانین ماکسول برای انتشار امواج الکترومغناطیسی و همچنین تغییر پارامترهای محیط انتشار به دانشجویان داده خواهد شد. دانشجویان با توجه به مطالب فصل‌های ۱ و ۲ اقدام به تکمیل معادلات در فایل متلب کرده و با تغییر پارامترهای محیط انتشار میزان اتلاف (و جذب) سیگنال ارسالی و همچنین سیگنال پراکنده شده راداری را مطالعه خواهند کرد.

۸. سمینار درس: هر یک از دانشجویان موظف خواهند بود تا یکی از انواع رادار و موضوعات مربوط به هواشناسی را انتخاب کرده و در پایان ترم یک ارائه شفاهی داشته باشند.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Bringi, V. N., and V. Chandrasekar, 2005: Polarimetric Doppler Weather Radar: Principles and Applications. Cambridge University Press, 664 pp.
2. Rees, W. G., 2012: Physical Principles of Remote Sensing. Cambridge University Press, 3rd Edition, 460 pp.
3. Sauvageot, H., 1992: Radar Meteorology. Artech House, 366 pp.
4. Doviak, R. J., and D. S. Zrnic, 1993: Doppler Radar and Weather Observations. Academic Press, 562 pp.
5. Atlas, D. (ed.), 1990: Radar in Meteorology: Battan Memorial and 40th Anniversary of Radar Meteorology Conference. American Meteorological Society Press, 806 pp.
6. Collier, C. G., 1996: Applications of Weather Radar Systems. A guide to uses for radar data in meteorology and hydrology. Ellis Horwood, 294 pp.
7. Battan, L. J., 1973: Radar Observation of the Atmosphere. The University of Chicago Press, 234 pp.
8. Meneghini, R., and T. Kozu, 1990: Spaceborne Weather Radar. Artech House, 240 pp.
9. Stephens, G. L., 1994: Remote Sensing of the Lower Atmosphere: An Introduction. Oxford University Press, 544 pp.
10. Hysell, D., 2018: Antennas and Radar for Environmental Scientist and Engineers, Cambridge University Press, 420 pp.

عنوان درس به فارسی:	نظریه وارون در فیزیک جوّ-اقیانوس		
عنوان درس به انگلیسی:	Inverse Theory in Atmosphere–Ocean Physics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با برخی از زمینه‌های اصلی پژوهش در کاربردهای نظریه وارون در فیزیک جوّ و اقیانوس

اهداف ویژه:

آشنایی با کاربست در سنجش از دور

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی ریاضی نظریه وارون: تعریف مسئله وارون، تعدد مدل‌ها، نایکتایی ذاتی، فضاهای برداری خطی: نُرم، فاصله، فضای توابع، دنباله کُشی، نرم‌های برداری و ماتریسی، ضرب داخلی، فضای هیلبرت، ضرایب لاگرانژ، ماتریس‌ها و دستگاه‌های خطی، دستگاه‌های فرومقید (underconstrained systems)، دستگاه‌های فرامقید (overconstrained)، تجزیه مقدار تکینه SVD (Singular Value Decomposition)، وارون تعمیم‌یافته ماتریس (Lanczos یا Moore–Penroze)، تجزیه QR

۲. پیش‌بینی در نظریه وارون: مدل‌ها و داده‌ها، پیش‌بینی تعمیم‌یافته، زیربنای آماری کمینه‌سازی نرم l^2، برآورد کمترین مربعات، خطای پیش‌بینی، کران‌های خطای باکوس و پارکر، پیش‌بینی دلتا

۳. رامسازی (quelling): تفکیک، رامسازی به‌وسیله انتگرال‌گیری، رامسازی تعمیم‌یافته، رامسازی به‌وسیله ضرب، رامسازی به‌وسیله همامیخت

۴. داده‌های خطادار و غیرخطی: هم‌پراشهای مدل (model covariances)، خطای مطلق، خطای نسبی، مشتق فرشه (Frechét)، مدل آغازین، ارزیابی، داده های خطادار غیرخطی

۵. کاربست‌های نظریه وارون: کاربست در سنجش از دور نیم‌رخ‌های دما، غلظت هواویزها و نسبت آمیختگی اجزای تشکیل‌دهنده جوّ به روش‌های خطی مقید، باکوس-گیلبرت، تکرار غیرخطی، وارون آماری؛ کاربست در مدل‌سازی گردش اقیانوس

۶. مباحث انتخابی: وارونی بیشین، رهیافت آماری، وارونی بیزی، الگوریتم‌های عددی برای حل مسائل وارون، تحلیل عاملی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Nakamura, G., and R. Potthast, 2015: Inverse Modeling: An introduction to the theory and methods of inverse problems and data assimilation. IOP Publications Ltd., 734 pp.
2. Bennett, A. F., 2002: Inverse Modeling of the Ocean and Atmosphere. Cambridge University Press, 256 pp.
3. Parker, R. L., 1994: Geophysical Inverse Theory. Princeton University Press, 386 pp.
4. Menke, W., 1989: Geophysical Data Analaysis: Discrete Inverse Theory. Revised Ed., Academic Press, 285 pp.
5. Deepak, A., (ed.) 1977: Inversion Methods in Atmospheric Remote Sounding. Academic Press, 622 pp.
6. Scales, J. A., M. L. Smith, and S. Treitel, 2001: Introductory Geophysical Inverse Theory. Samizdat Press, 193 pp.
7. Tarantola, A., 1987: Inverse Problem Theory – Methods for data fitting and model parameter estimation. Elsevier, 613 pp.
8. Golub, G., and C. Van Loan, 1996: Matrix Computations. 3rd ed., The Johns Hopkins University Press, 664 pp.
9. Wunsch, C., 1996: The Ocean Circulation Inverse Problem. Cambridge University Press, 458 pp.
10. Sen, M., and P. L. Stoffa, 1995: Global Optimization Methods in Geophysical Inversion. Elsevier, 281 pp.
11. Kidder, S. Q., and T. H. Vonder Haar, 1995: Satellite Meteorology: An Introduction. Academic Press, pp. 183–231.

عنوان درس به فارسی:	هواشناسی آب‌شناسی		
عنوان درس به انگلیسی:	Hydrometeorology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

آشنایی با برخی از زمینه‌های اصلی پژوهش در هواشناسی آب‌شناسی و نیز روش‌های تحلیل و پیش‌بینی

اهداف ویژه:

آشنایی با ویژگی‌های فیزیکی حوضه آبریز، فرایند تبخیر-تعرق، خشک‌سالی، مدل‌های پیش‌بینی، مفاهیم آماری مربوطه و کاربردهای رادار

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تعریف هواشناسی آب‌شناسی، زمینه‌های نظری و کاربردی، اشتراک هواشناسی و آب‌شناسی، مرور برخی مفاهیم آب شناسی، معادله‌های آب شناسی، معادله‌های کانال روباز، جریان یکنواخت و ناپکنواخت، تعریف بودجه آب، عوامل مؤثر در بودجه آب، روش‌های محاسبه بودجه آب - چرخه آب و مؤلفه‌های آن - تلفات آب شامل برگاب، ذخیره چالابی، نفوذپذیری؛ روش‌های برآورد تلفات آب، تأثیر انسان بر چرخه آب

۲. حوضه آبریز و ویژگی‌های فیزیکی آن: تعریف حوضه آبریز، شکل حوضه، تراکم زهکشی، شیب متوسط حوضه، جهت حوضه، منحنی هیپسومتریک و ارتفاع متوسط حوضه، آب‌نمود (هیدروگراف)، معرفی بخش‌های مختلف آب‌نمود، عوامل مؤثر در شکل آب‌نمود، تجزیه آب‌نمود، آب‌نمود واحد و روش‌های تهیه آن، نکاتی در رابطه با اندازه‌گیری‌های جریان رودخانه

۳. فرایندهای تبخیر و تبخیر-تعرق: تبخیر-تعرق حقیقی و ظرفیت تبخیر، اندازه‌گیری مستقیم تبخیر و تبخیر-تعرق، لایسیمتر، محاسبه غیرمستقیم تبخیر-تعرق، روش بودجه آب، روش بودجه انرژی، روش آئرودینامیکی، معرفی چند روش برآورد تبخیر-تعرق با استفاده از داده‌های هواشناسی از قبیل روش‌های بلانی و کریدل، پنمن، پروت؛ ضریب تشت و محاسبه تبخیر از سطح آب آزاد، تبخیر از دریاچه‌ها و مخازن آبی، ذوب برف، انباشت برف، عوامل اصلی کنترل‌کننده ذوب برف، محاسبه ذوب کل با استفاده از روش‌های مبتنی بر دما، بودجه انرژی ، انتقال جریان آب

۴. خشکی و خشک‌سالی: عریف خشک‌سالی از دیدگاه‌های هواشناسی، آب‌شناسی و کشاورزی؛ علل خشکی، نوسان زمانی و روندیابی، مهم‌ترین شاخص‌های خشک سالی، علل طبیعی نوسانات اقلیمی، تغییرات ناشی از فعالیت‌های بشر، تحلیل رگبارها، تحلیل شدت، مدت، فراوانی؛ تحلیل عمق، سطح، مدت؛ بررسی نحوه توزیع زمانی و مکانی رگبار

۵. مدل‌های پیش‌بینی در هواشناسی آب‌شناسی: انواع طبقه‌بندی مدل‌ها، بهنگام کردن مدل‌های پیش‌بینی، مفهوم بهنگام کردن و ضرورت آن، انواع روش‌های بهنگام کردن، ورودی‌ها (روش سعی و خطا)، متغیرهای حالت و پارامترهای مدل (فیلترکالمن)، خروجی‌ها (پیش‌بینی خطا)؛ روش‌های سنجش توأم تصادفی بودن متغیر و دقت مدل، انواع مدل‌های پیش‌بینی بهنگام سیل، مدل‌های همبستگی، روش‌های زمین‌آماری، شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیکی، منطق فازی روند سیل، مدل‌های هیدرولیکی، مدل‌های رواناب- بارندگی، تابع انتقال و مدل‌های ARMA؛ نمایش ریاضی و ساده‌سازی عوامل مدل‌های فیزیکی، معرفی چند مدل بین‌المللی

۶. تحلیل‌های نقطه‌ای (ایستگاهی) و منطقه‌ای عوامل هواشناختی و آب شناختی عملیات ساختاری شبکه: اصلاح و تکمیل آمار، بررسی تغییرات کمیت‌های هواشناختی بر حسب مشخصه‌های جغرافیایی (طول، عرض جغرافیایی، ارتفاع، و...)، محاسبه منطقه‌ای عوامل هواشناختی و آب شناختی، ترسیم نقشه‌های هم‌مقدار، توابع توزیع آماری اصلی مورد استفاده در هواشناسی و آب شناسی. سامانه

اطلاعات جغرافیایی (GIS) در هوا شنا سی آبشنا سی ، کاربرد GIS در تحلیل داده‌های خاک، کاربری ارا ضی، نمایش توزیع مکانی کمیت‌های مختلف هواشناسی، مدل‌های رقمی کردن پستی و بلندی

۷. فرایندهای سطح زمین: اهمیت فرایندهای سطح زمین، مدل سازی آبشنا سی خاک شامل فیزیک حرکت آب در خاک، پتانسیل آب در خاک، قانون دار سی، نفوذپذیری، اندازه‌گیری و تغییر پذیری مکانی آن؛ دمای خاک، پو شش گیاهی و ذخیرهٔ آبی آن، شبیه سازی و پیش‌بینی پو شش یخ- برف ، شبیه‌سازی عددی شامل مدل‌های توازن انرژی، مدل‌های دینامیکی- ترمودینامیکی؛ رفتار پوشش یخ-برف در مدل‌های گردش کلی

۸. ا ستفاده از رادار در هوا شنا سی آب شنا سی: مقایسه رادارهای هوا شنا سی از دیدگاه‌های مختلف، خطاهای رادار و راه‌های حذف آنها، خطاهای مرتبط با عوامل هواشناختی و عوامل جغرافیایی، خطاهای مرتبط با دستگاه رادار؛ استفاده از تصاویر راداری برای پیش‌بینی کمّی بارندگی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، تمرین و پروژه در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: سایت و نرم‌افزارهای مخصوص

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Anderson, M. G., and P. D. Bates (eds.), 2001: Model Validation Perspectives in Hydrological Sciences. John Wiley, 500 pp.
2. Beven, K. J., 2001: Rainfall–Runoff Modelling. John Wiley, 360 pp.
3. Bruce, J. P., and H. R. Clark 1969: Introduction to Hydrometeorology. Pergamon Press, 319 pp.
4. Collier, C. G., 1996: Application of Weather Radar System. A guide to uses for radar data in meteorology and hydrology. Ellis Horwood, 294 pp.
5. Collier, C. G., 2016: Hydrometeorology. Wiley–Blackwell, 376 pp.
6. Croley II, T. E., 2000: Using Meteorology Probability Forecasts in Operational Hydrology. ASCE Press, 206 pp.
7. Dingman, L., 2002: Physical Hydrology. Macmillan, 646 pp.
8. Goldberg, D. E., 1998: Genetic Algorithms in Search, Optimisation, and Machine Learning. Anderson-Wesley, 412 pp.
9. Kitanidis, P. K., 1997: Introduction to Geostatistics: Applications to Hydrogeology. Cambridge University Press, 249 pp.
10. Nemec, J., 1986: Hydrological Forecasting. D. Reidel Publishing Co., 239 pp.
11. Sene, K., 2010: Hydrometeorology: Forecasting and Applications. Springer, 355 pp.
12. Sorooshian, S., Hsu, K. L., Coppla, E., Tomassetti, B.,Verdecchia, M., and G.,Visconti, 2009: Hyrdrological Modeling and the Water Cycle:Coupling the Atosphere and hydrological Models. Springer, 291 pp.
13. Shuttleworth, W. J., 2012: Terrestrial Hydrometeorology. Wiley–Blackwell, 472 pp.
14. Wiesmer, C., 1982: Hydrometeorology. Chapman & Hall, 232 pp.
15. Solomon, S. I. and I. Cordery 1984: Compendium of Meteorology. Vol. II, Hydrometeorology, No. 364, 185 pp.
16. Wilks, D. S., 1995: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: An Introduction. Elsevier, 467 pp.

عنوان درس به فارسی:	تغییر اقلیم		
عنوان درس به انگلیسی:	Climate Change	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آشنایی با عوامل اصلی تغییرپذیری و تغییر اقلیم در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف

اهداف ویژه:

تاثیر تغییر اقلیم بر دینامیک جوّ

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی تغییر اقلیم: مروری بر مؤلفه‌های سامانه اقلیم و شارهای انرژی، چرخه‌های آبشناختی، کربن، سولفور، نیتروژن، فسفر؛ ارتباط بین چرخه‌های شیمی- زیستی زمین و اقلیم، علل طبیعی و انسانی تغییر اقلیم، مقایسه تغییرات اقلیم ناشی از عوامل طبیعی و انسانی، اقلیم‌های گذشته و بررسی پایداری آنها

۲. تغییرات مشاهده شده در سامانه اقلیم: تغییر در غلظت گازهای گلخانه‌ای و هواویزها، شاخص‌های تغییر دمای میانگین زمین، الگوهای گرمایش روزانه و فصلی و تغییرپذیری مکانی آن، روندهای بارش، رخداد توفان، النینو-نوسان جنوبی، تغییر تراز آب دریا

۳. رهیافت سامانه‌های دینامیکی: اقلیم به عنوان یک سامانه دینامیکی، نمایش‌های ریاضی و ساده‌سازی‌ها، معادله‌های حاکم برای جوّ، اقیانوس، سطح خشکی، آب سطحی و یخ؛ پیش‌بینی‌پذیری سامانه اقلیم و روش‌های پیش‌بینی آن، سامانه‌های مدل‌سازی اقلیمی ترکیب‌شده، طرحواره‌های برهمکنش جوّ- سطح -خشکی و جوّ- اقیانوس؛ مدل‌های دینامیکی- تصادفی (stochastic)، هماد مدل‌ها

۴. تغییرپذیری اقلیم: تعریف‌های تغییرپذیری اقلیم، تخمین هم‌پراشهای (covariances) اقلیم کنونی در حوزه بسامد، تغییرپذیری زمانی و مکانی، تحلیل روند و تغییرپذیری رویدادهای فرین هواشناسی، تحلیل کل سری‌های زمانی شامل تحلیل مقدار میانگین، تحلیل تغییرپذیری، تحلیل رویدادهای فرین

۵. آشکارسازی تغییر اقلیم: ایده های پایه، تغییرپذیری طبیعی متغیر، در نظر گرفتن تغییرپذیری نمونه برداری، توان آشکارساز بهینه، فضاها و الگوهای سیگنال، نظریه صافی فضا - زمانی، آشکارسازی با اندازه‌گیری تشابه الگوها

۶. عدم قطعیت‌ها در تعیین اثرات تغییر اقلیم منطقه‌ای: عدم قطعیت (منابع، انتشار و ارزیابی)، عدم قطعیت در سیماهای غیراقلیمی از قبیل رشد جمعیت، رشد اجتماعی- سیاسی، تغییرات فناوری؛ عدم قطعیت در اقلیم آینده: غلظت های جوّی، واداشت تابشی، دمای میانگین زمین، اقلیم منطقه‌ای تراز دریا؛ عدم قطعیت در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم: آزمایش‌های فیزیکی، مدل‌سازی، وقایع غیرمترقبه

۷. مباحث انتخابی: مدل‌سازی اجزاء سامانه اقلیم: چرخهٔ کربن، شیمی جوّ، هواویزها، ورقه‌های یخ؛ نکاتی درباره واداشت تابشی، حساسیت اقلیم و بازخوردهای آن؛ پاسخ زیست‌کره به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، جذب دی‌اکسیدکربن به‌وسیله اقیانوس، اثرات منطقه‌ای تغییر اقلیم

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Peixoto, J. P. and H. Oort, 1992: Physics of Climate. American Institute of Physics. 520 pp
2. Neelin, J. D., 2011: Climate Change and Climate Modeling. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 282pp
3. Burroughs, W. J., 2007: Climate Change: A Multidisciplinary Approach. 2nd edition, 392 pp.
4. Wallace J. M. and P. V. Hobbs, 2006: Atmospheric Science: An Introductory Survey. 2nd edition, Chapter 10.
5. Houghton, J., 2004: Global Warming. Cambridge University Press, 3rd Ed., 383 pp.
6. Trenberth, K. E. (ed), 1992: Climate System Modelling. Cambridge University Press, 817 pp.
7. Hartmann, D. L., 1994: Global Physical Climatology. Academic Press, 408 pp.
8. McGuffie, K. and A. Henderson-Sellers, 2004: Climate Modelling Primer. 3rd Ed., Wiley, 296 pp.
9. Gettelman, A., and R. B. Rood, 2016: Simulating Terrestrial Systems. Demystifying Climate Models. Earth Systems Data and Models. Springer, 274 pp.
10. Wilks, D. S., 1995: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Academic Press, 467 pp.
11. von Storch, H. and F. W. Zwiers, 1999: Statistical Analysis in Climate Research. Cambridge University Press, 484 pp.
12. Farmer, J. T. and J. Cook, 2013: Climate Change Science: A Modern Synthesis. Chapter 1.
13. Cohen et al., 2014: Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather. Nature Geoscience, 7, 627–637.

عنوان درس به فارسی:	مباحثی در اقیانوس‌شناسی فیزیکی		
عنوان درس به انگلیسی:	Topics in Physical Oceanography		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:.....

هدف کلی:

آشنایی با ویژگی‌های فیزیکی اقیانوس‌ها، توزیع افقی و قائم دما، شوری و چگالی پتانسیلی در اقیانوس‌ها و نقش برهمکنش جوّ و اقیانوس بر آنها، امواج سطحی و درونی در اقیانوس

اهداف ویژه:

ارائه مباحثی درباره توزیع کمیت‌های فیزیکی در اقیانوس‌ها و دریاهای نیمه‌بسته همچون خلیج فارس، علل فیزیکی توزیع‌های مشاهده‌شده، توده‌های آب و گردش ترموکلاین

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. اقیانوس چینه‌بندی شده: معادله حالت برای آب دریا، چگالی پتانسیلی، دمای پتانسیلی، ارتفاع دینامیکی، اختلاط قائم و افقی در اقیانوس چینه‌بندی شده، گرادیان افقی چگالی به عنوان یکی از چشمه‌های انرژی جنبشی در اقیانوس، ترموکلاین و هالوکلاین

۲. توابع واداشت در اقیانوس: نیروهای گرانشی و چرخشی، واداشت‌های ترمودینامیکی و تابشی، تنش باد، نیروهای کشندی، نقش توابع واداشت در گردش کلی اقیانوس و گردش‌های ترموکلاین، اثرات دینامیکی کف اقیانوس

۳. امواج سطحی: امواج بلند، سونامی، امواج لبه‌ای (کلوین)، سیچ‌ها (seiches)، امواج گرانی- لختی، امواج راسبی؛ امواج ناشی از باد: امواج خطی، اثرات دامنه متناهی، برهمکنش امواج، طیف امواج ناشی از باد، نظریه همانندی برای رشد امواج، انتشار و اتلاف انرژی امواج، پیش‌بینی امواج ناشی از باد؛ اندازه‌گیری امواج اقیانوسی

۴. امواج گرانی درونی: معادله‌های حاکم بر امواج درونی، انتشار امواج درونی خطی، انرژتیک امواج درونی، ساختار مُدهای بهنجار و امواج درونی، تولید امواج، اتلاف امواج، برهمکنش امواج درونی، طیف امواج درونی

۵. گردش‌های بزرگ‌مقیاس: معادله‌های حاکم بر گردش اقیانوس، نظریه سوردراپ (Sverdrup)، جریان‌های لختی مرز غربی، مدل مانک (Munk)، اثر چینه‌بندی چگالی، مدل گردش ترموکلاین (مدل شبه‌زمینگرد)، زیرجریان‌های لختی استوایی، گردش‌های عمیق (abyssal)، گردش در حوضه‌های بسته (خزر) و نیمه بسته (خلیج فارس)

۶. فرآیندهای همرفت پخشی دوگانه: رژیم‌های همرفت پخشی دوگانه و پارامتر پایداری، اهمیت همرفت پخشی دوگانه در ایجاد ساختار لایه ای در اقیانوس و وارونگی دما، مشاهدات و برخی نتایج آزمایشگاهی، پارامترسازی اختلاط مربوط به همرفت پخشی دوگانه در مدل‌های اقیانوسی

۷. تلاطم در اقیانوس‌ها: نظریهٔ کلموگروف، تلاطم سه و دوبعدی، ناپایداری‌های هیدرودینامیکی، انتقال انرژی در تلاطم دو و سه بعدی، تلاطم زمینگرد، توزیع تلاطم در اقیانوس‌ها، معادلات تلاطم، ترموکلاین دائم

۸. مباحث انتخابی: انتشار امواج صوتی، امواج نوری، امواج الکترومغناطیسی در دریا؛ النینو، دینامیک انسو (ENSO)، گردش‌های بزرگ‌مقیاس اقیانوسی، تغییرات اقلیمی دینامیک گردش‌های ترموکلاین، چالش‌های مدل‌های جفت شده جو و اقیانوس

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Talley, L. D., Pickard, G. L., Emery, W. J. and Swift J. H., 2011: Descriptive Physical Oceanography: An Introduction. Sixth Edition, Academic Press, 983 pp.
2. Stewart, R. H., 2008: Introduction to Physical Oceanography. Available electronically from https://hdl.handle.net /1969.1 /160216, 343 pp.
3. Knauss, J. A., 1997: Introduction to Physical Oceanography. Prentice-Hall, 315 pp.
4. Thorpe, S. K., 2008: Turbulence in the Ocean, Cambridge University Press, 439 pp.
5. Vallis, J. K., 2017: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. Fundamentals and large-scale circulation. 2nd ed., Cambridge University Press, 946 pp.
6. Apel, J. R., 1987: Principles of Ocean Physics. Academic Press, 631 pp.
7. Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic Press, 884 pp.
8. Pedlosky, J., 1998: Ocean Circulation Theory. Springer-Verlag, 461 pp.
9. Gill, A. E., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
10. Tomctak, M., and J. S. Godfrey, 2001: Regional Oceongraphy: An Introduction. Pdf ed. Online.
11. Pedlosky, J., 2003: Waves in the Ocean and Atmosphere. Springer–Verlag, Ch. 4, 8, 9, 13–15.
12. Marshall, J., and R. A. Plumb, 2008: Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics. Academic Press, Ch. 7, 9–11.

عنوان درس به فارسی:	همرفت جوّی		
عنوان درس به انگلیسی:	Atmospheric Convection	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی کلّی با همرفت تلاطمی ناشی از چشمه‌های گوناگون، خواص و دینامیک همرفت نابارا و همرفت بارا، توفان‌های همرفتی شدید، برهمکنش همرفت با شارش‌های بزرگ‌مقیاس جوّی، مدل‌سازی همرفت و طرحواره‌های همرفت

اهداف ویژه:

آشنایی با همرفت ناشی از چشمه‌های موضعی، همرفت ریلی-بنارد و لایه‌های مرزی همرفتی، خواص و سازماندهی ابرهای کومه‌ای نابارا، جنبه‌های مشاهداتی و دینامیک همرفت بارا، توفان‌های همرفتی عمیق و خطوط تندوزه، همرفت نمناک در سطح جهانی و همرفت مورب، نظام‌های همرفتی عمیق، برهمکنش همرفت با شارش‌های بزرگ‌مقیاس جوّی، مدل‌سازی عددی و پارامترسازی ابرهای همرفتی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. همرفت ناشی از چشمه‌های موضعی: رهیافت همانندی و تعریف پَرشار و بستهٔ گرمایی، پَرشارهای تلاطمی حاصل از چشمه‌های دائمی نقطه‌ای و خطی، همرفت تلاطمی ناشی از چشمه نقطه‌ای لحظه‌ای، پَرشارهای آغازین تلاطمی، پَرشارهای برگه‌ای حاصل از چشمه دائمی نقطه‌ای، همرفت تلاطمی در شاره چینه‌بندی شده پایدار

۲. همرفت ریلی- بنارد و لایه‌های مرزی همرفتی: تحلیل پایداری خطی همرفت ریلی، همرفت در میان تیغه‌های موازی با مرزهای عایق‌بندی شده، افزودن اثرات چرخش، همرفت در میان تیغه‌های موازی در شارش‌های چینشی، همرفت در میان تیغه‌های موازی غیرخطی، لایه‌های مرزی همرفتی

۳. خواص موضعی همرفت نمناک: ویژگی‌های مشاهده شده ابرهای کومه‌ای نابارا: ساختار جنبش‌شناختی، توزیع‌های آب ابر، دما و نسبت آمیختگی؛ پدیده‌های درون‌آمیزی، برون‌آمیزی و آمیختگی در همرفت جوّی؛ استفاده از نمودارهای متغیر پایستار در بررسی درون‌آمیزی و آمیختگی؛ سازماندهی ابرهای کومه‌ای نابارا

۴. جنبه‌های مشاهداتی و دینامیک همرفت بارا: توفان‌های تندری و رگبارهای همرفتی رایج، توفان‌های همرفتی شدید، خطوط تندوزه، خوشه‌های ابر و ترکیب‌های همرفتی میان‌مقیاس، پاسخ شاره‌های چینه‌بندی شده به چشمه‌های گرما، مقیاس‌های همرفتی عمیق، همرفت شبه‌تعادلی در برابر همرفت چکانشی (triggered)، اثرات دینامیکی بارش، دینامیک همرفت بارای سه‌بُعدی، دسته‌بندی همرفت بارا

۵. همرفت نمناک در سطح جهانی و همرفت مورب: همرفت مرکزگریز، نظریهٔ همرفت مورب، شواهد مشاهداتی همرفت مورب، لایه‌های مرزی پوشن کومه‌ای و بسامان- کومه‌ای، نظام‌های همرفتی عمیق، برهمکنش همرفت با شارش‌های بزرگ‌مقیاس جوّی

۶. مدل‌سازی عددی و پارامترسازی ابرهای همرفتی: ملاحظات کلی؛ معادله‌های اساسی مناسب برای مدل‌های ابر؛ نمایش حرکت‌های زیرمقیاس شبکه‌ای و فرایندهای خُردفیزیک در مدل‌های عددی ابر؛ مفهوم پارامترسازی ابرهای کومه‌ای در مدل‌های عددی؛ انواع طرحواره‌های همرفتی: نمایش همرفت بر اساس بودجه‌های رطوبت، طرحواره‌های شار جرم، طرحواره‌های تنظیم و طرحواره‌های همرفت نفوذی بر اساس مدل‌های ابر؛ بررسی جزئی یکی از طرحواره‌های پارامترسازی ابر کومه‌ای، ارزیابی طرحواره‌های همرفتی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۷۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Emanuel, K. A., 1994: Atmospheric Convection. Oxford University Press, 580 pp.
2. Smith, R. K., 1997: The Physics and Parameterization of Moist Convection. Kluwer Academic Press, 498 pp.
3. Bohren, C. F., and B. A. Albrecht, 1998: Atmospheric Thermodynamics. Oxford University Press, 402 pp.
4. Stensrud, D. J., 2007: Parameterization Schemes: Keys to Understanding Numerical Weather Prediction Models. Cambridge University Press, 459 pp.
5. Houze, Jr. R. A., 2014: Cloud Dynamics. 2nd edition, Academic Press, 432 pp.
6. Cotton, W. R., and R. A. Anthes, 1989: Storm and Cloud Dynamics. Academic Press, 883 pp.
7. Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd Ed., Butterworth-Heinemann, 290 pp.

عنوان درس به فارسی:	فیزیک جوّ بالا و ارتباط خورشید– زمین		
عنوان درس به انگلیسی:	Physics of the Upper Atmosphere and the Sun-Earth Connection	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

آشنایی با مبانی فیزیک جوّ بالا و ارتباط خورشید- زمین، کسب دانش دربارهٔ مغناطیس‌سپهر و یون سپهر

اهداف ویژه:

آشنایی با ساختار خورشید، فعالیت‌های خورشیدی، میدان مغناطیسی خورشید، لکه‌های خورشیدی، تاج، بادهای خورشیدی، ذرات پُرانرژی و تابش کیهانی، مغناطیس‌سپهر زمین، پلاسما و جریان‌های الکتریکی در مغناطیس‌سپهر، یون‌سپهر، ساختار یون‌سپهر، رسانایی یون‌سپهر، جریان‌های یون‌سپهر، تابش‌های قطبی، جفت‌شدگی‌ها و اثرات خورشید بر جوّ زمین

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. خورشید و فعالیت‌های آن: خورشید، ساختار خورشید، جوّ خورشید، میدان مغناطیسی، لکه‌های خورشیدی، تاج (کرونا) خورشیدی و میدان مغناطیسی، بادهای خورشیدی، ساختار بادهای خورشیدی، فعالیت‌های خورشیدی، تابش‌های الکترومغناطیسی، امواج شوک

۲. مغناطیس‌سپهر زمین: میدان‌های الکترومغناطیسی، حرکت ذره در میدان‌های الکترومغناطیسی، انحراف ذرات در میدان های الکترومغناطیسی، میدان مغناطیسی ناهمگن، ناورداهای بی‌دررو، گشتاور مغناطیسی، بطری و آینه‌های مغناطیسی، ذرات باردار به‌دام‌افتاده، حرکت جهشی، حرکت راندگی، چشمه‌ها و چاهک ها، میدان‌های الکتریکی، جریان‌های حلقوی

۳. یون‌سپهرزمین: برخوردها، رسانایی پلاسما، تابش فرابنفش، شکل‌گیری یون‌سپهر، ساختار و دینامیک یون‌سپهر، الکترودینامیک یون‌سپهر، رسانایی یون‌سپهر، یون‌سپهر در عرض‌های میانی و پایینی، یون‌سپهر در عرض‌های بالا، جریان‌های یون‌سپهر، مشاهدات و پایش

۴. خورشید و وضع هوای فضایی: خورشید، پرتاب جرم، تابش‌های کیهانی، جمعیت ذرات، طیف انرژی، بادهای خورشیدی، گسترش بادهای خورشیدی، جریان‌های باد خورشیدی سریع و آهسته، رویدادهای پروتون

۵. رابطه زمین– خورشید: تابش‌های کیهانی، برهم‌کنش بین تابش کیهانی و جوّ، ذرات پرانرژی درمغناطیس سپهر، ذرات پرانرژی و جوّ، تابش‌های قطبی، اثر فعالیت‌های خورشیدی بر اقلیم، تاثیر دوره ۱۱ ساله لکه‌های خورشیدی بر پوشن‌سپهر، تاثیر فعالیت‌های خورشیدی بر وردسپهر

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Mullan, D. J., 2009: Physics of the Sun: A First Course. Chapman and Hall, 390 pp.
2. Benestad, R. E., 2006: Solar Activity and Earth's Climate. Springer, 340 pp.
3. Kallenrode, M. B., 2004: Space Physics. Springer, 482 pp.
4. Russel, C., and M. G. Kivelson, 1996: Introduction to Space Physics. Cambridge University Press, 563 PP.
5. Baumjohn, W., and R. Treumann, 1999: Basic Space Plasma Physics. Imperial College Press, 330 pp.
6. Gurntt, D. A., and A. Bhattacharjee, 2005: Introduction to Plasma Physics with Space and Laboratory Applications. Cambridge University Press, 452 pp.
7. Bittewcourt, J. A., 2005: Fundamentals of Plasma Physics. Springer, 678 pp.
8. Prölss, G. W., 2004: Physics of the Earth's Space Environment. Springer, 519 pp.